

Digitales Energiekonzept
für die
Biomasse Wärmeverbund Aichach
GmbH

Zur Veröffentlichung

Digitales Energiekonzept für die Biomasse Wärmeverbund Aichach GmbH

Auftraggeber:

Biomasse Wärmeverbund Aichach GmbH
Schrobenhausener Straße 101
86551 Aichach

Auftragnehmer:

Institut für Energieinformatik GmbH
an der Ostbayerischen Technischen Hochschule Amberg-Weiden
Kaiser-Wilhelm-Ring 23a
92224 Amberg

Auftraggeber:

Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie

Bearbeitungszeitraum:

April 2019 - April 2021

Inhaltsverzeichnis

1	Zielsetzung und Aufgabenstellung	5
2	Die einzelnen Phasen des Energiekonzepts	7
2.1	Die Energetische Ist-Analyse	8
2.1.1	Die elektrische Energieversorgung	8
2.1.2	Die Stromeinspeisung der ORC-Anlage.....	10
2.1.3	Der elektrische Energiebedarf der Verbraucher	12
2.2	Der thermische Energiebedarf	19
3	Die Optimierungsansätze für die Biomasse Aichach GmbH	22
3.1	Die Erweiterung des Bilanzkühlers.....	22
3.2	Die Wirkungsgradsteigerung am Biomassekessel	24
3.3	Die Belastung des Staubfilters	28
3.3.1	Ausführung des Optimierungsansatzes.....	30
3.4	Die Effizienzsteigerung des ORC-Prozesses.....	32
3.5	Die Emissionsvorschriften	33
3.5.1	Der Biomassekessel	33
3.5.2	Die Spitzenlastkessel.....	34
3.6	Die Spitzenlastabdeckung.....	36
3.7	Die Deckungsbeitragsrechnung als Stundenbetrachtung für den Sommerbetrieb	39
3.8	Der sommerliche Wärmeabsatz.....	41
3.8.1	Wärmeeinsatz in der Kläranlage zur Klärschlamm-trocknung	42
3.8.2	Wärmeeinsatz zur Biomassetrocknung für einen Industriekunden	43
4	Zusammenfassung	45
5	Abbildungsverzeichnis	47
6	Tabellenverzeichnis	49



1 Zielsetzung und Aufgabenstellung

Die Biomasse Wärmeverbund Aichach GmbH betreibt seit dem Jahr 1997 ein Biomasse-Heizwerk mit Fernwärmeversorgung in der Stadt Aichach. Im Jahr 2007 wurde das Heizwerk um einen ORC-Prozess zur Stromauskopplung erweitert.

Ziel dieses digitalen Energiekonzepts ist die Ausarbeitung konkreter Maßnahmen zur Energieeinsparung und Effizienzsteigerung für das Heizkraftwerk. Hierfür werden zunächst die energierelevanten Parameter / Energieströme digital hochauflösend erfasst. Die eingesetzte Messtechnik ermöglicht die Echtzeitdatenerfassung im Heizkraftwerk.

Die Ausarbeitung der Maßnahmen erfolgt dann auf Basis der digitalen, zeitlich hoch aufgelösten Datenerfassung der Energieströme. Die identifizierten Maßnahmen werden einer umfassenden Wirtschaftlichkeitsbetrachtung mit Fördermittelprüfung sowie einer ökologischen Bilanzierung unterzogen. Die sinnvoll umsetzbaren Maßnahmen werden dann in einen Maßnahmenkatalog überführt. Die Ausarbeitung des Energiekonzepts erfolgt in enger Abstimmung mit den Akteuren vor Ort.

Die einzelnen Arbeitsschritte erfolgen hierbei nach den folgenden sachlogischen Schritten:

- Erfassung der energetischen Ist-Situation mit messtechnischer Erfassung der Energieströme
- Ausarbeitung von Maßnahmen zur Energieeinsparung und Effizienzsteigerung auf Basis einer messtechnischen Datenaufnahme in Echtzeit
- Umfassende Wirtschaftlichkeitsbetrachtung und ökologische Bilanzierung der identifizierten Maßnahmen
- Fördermittelprüfung
- Erstellung eines konkreten Maßnahmenkataloges
- Umfassende Akteurs Beteiligung und Präsentation der Ergebnisse

In Abbildung 1 ist die Biomasse Wärmeverbund Aichach GmbH dargestellt. Das Heizhaus mit Verwaltung ist in dem Gebäude auf der rechten Seite untergebracht. Die Lagerhalle auf der linken Seite dient als Vorratslager für das notwendige Hackgut, das Dach ist bereits mit einer Photovoltaikanlage belegt.

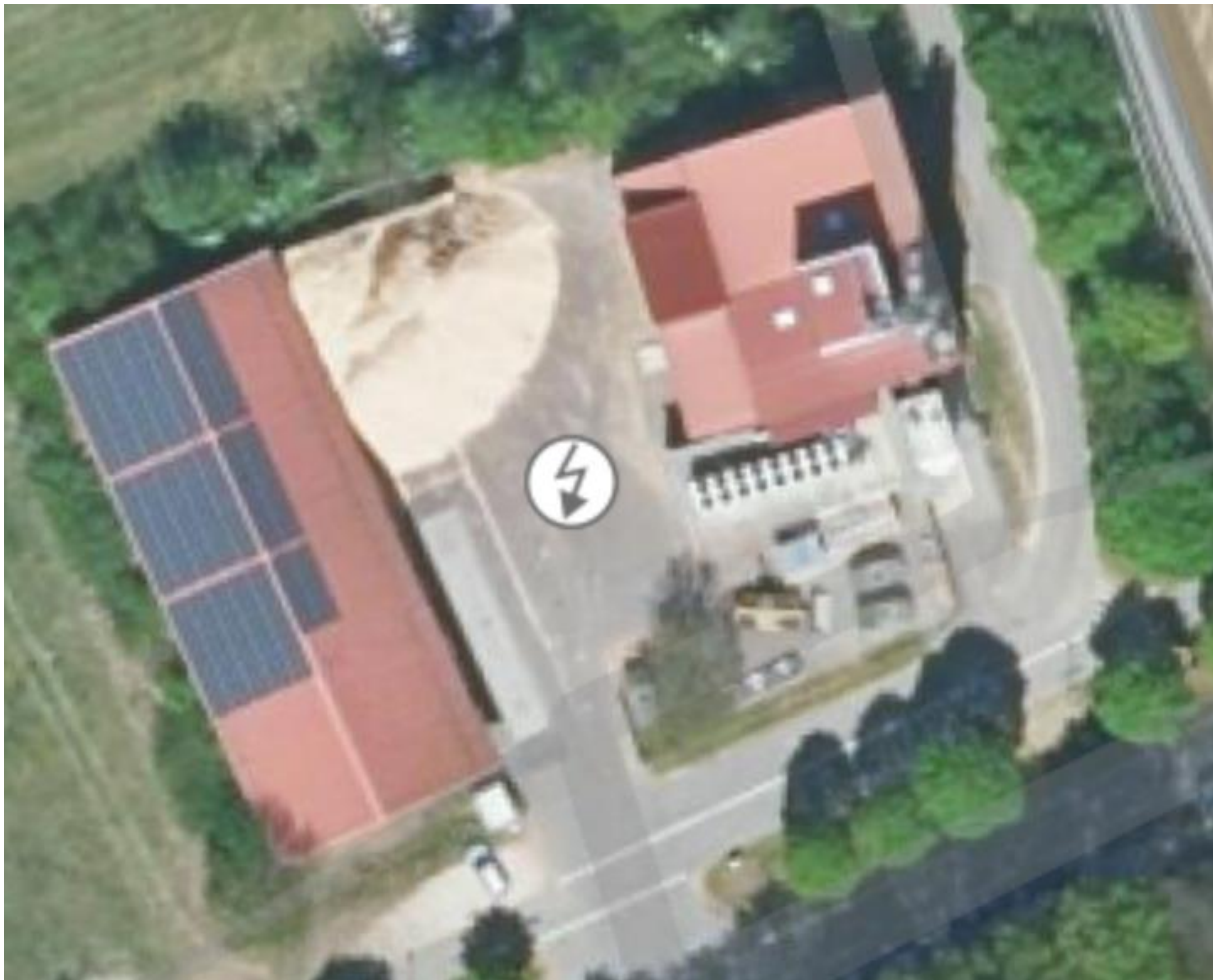


Abbildung 1: Das Luftbild der BWA in Aichach

Quelle: www.bayernatlas.de

2 Die einzelnen Phasen des Energiekonzepts

Um Energieeinsparpotentiale ermitteln und neue Konzepte entwickeln zu können, ist zunächst eine genaue Kenntnis des Bedarfes und der Erzeugung an elektrischer und thermischer Leistung im Verlauf eines Jahres erforderlich. Die Versorgungsstruktur der Biomasse Aichach GmbH besteht aus:

- Elektrischer Energiebedarf
- Heizölbedarf
- Erdgasbedarf
- Biomassebedarf
- Druckluftbedarf

Als Datenbasis zur Darstellung des elektrischen und thermischen Energiebedarfs dienen Aufzeichnungen der vergangenen Jahre. Neben der Erfassung der benötigten Energiemengen ist vor allem die Ermittlung des Leistungsbedarfs im Verlauf eines Jahres bzw. eines Tages für die Dimensionierung neuer Energieversorgungsvarianten von Bedeutung. Der Leistungsbedarf wird üblicherweise als sogenannter Lastgang für einen Tag, Monat oder ein ganzes Jahr bezogen als geordnete Jahresdauerlinie dargestellt.

Im Rahmen dieses Projektes wurden die vorhandenen Wärmemengenzähler über die digitalen Ausgänge ausgelesen, weitere Stromzähler für Haupt- und Einzelverbraucher installiert und über eine Software digital erfasst und ausgewertet. Die daraus erhaltenen Daten können nun exakt gegenübergestellt und Optimierungspotentiale kalkuliert werden.

In den nachfolgenden Kapiteln wird das bestehende Energieversorgungssystem und die Struktur des elektrischen, thermischen und Druckluftbedarfes erfasst, die CO₂-Emissionen ermittelt und die Kosten für die Energieversorgung dargestellt.

2.1 Die Energetische Ist-Analyse

2.1.1 Die elektrische Energieversorgung

Die elektrische Energieversorgung erfolgt über das öffentliche Stromnetz. Die Biomasse Aichach GmbH bezieht den Strom derzeit von der E.ON Energie Deutschland GmbH. Die Abrechnung des Strombezugs erfolgt nach Arbeits- und Leistungspreis, weshalb insbesondere die Kenntnis der elektrischen Lastgänge im Laufe eines Tages, bzw. Jahres von großer Bedeutung für die Abschätzung von Einsparpotentialen sind. Der Stromnetzbetreiber ist die Bayernwerk AG. Im Rahmen des vorliegenden Konzepts wurde zur Ermittlung des elektrischen Energiebedarfs auf Aufzeichnungen des Jahres 2020 zurückgegriffen. Zur Ermittlung der elektrischen Lastgänge wurden die Viertelstundenwerte des elektrischen Leistungsbedarfs verwendet, welche vom Energieversorger fortlaufend aufgezeichnet werden.

Die Tabelle 1 gibt eine Übersicht des monatlichen Stromverbrauches des Jahres 2020 der Biomasse Aichach GmbH in Aichach. In diesem Zeitraum wurden 1.291.622 kWh an Strom bezogen.

Tabelle 1: Der monatliche Stromverbrauch des Jahres 2020

Stromverbrauch in [kWh]		
2020	Januar	135.233
	Februar	127.184
	März	127.946
	April	104.081
	Mai	103.429
	Juni	74.333
	Juli	61.715
	August	84.890
	September	93.748
	Oktober	118.400
	November	123.864
	Dezember	136.799
Gesamtverbrauch		1.291.622

Der elektrische Lastgang

Der elektrische Lastgang in Abbildung 2 wird vom Energieversorger mittels einer Viertelstundenleistungsmessung für das ganze Jahr ermittelt und dient als Basis für die Ermittlung des leistungsbezogenen Netzentgelts.

Anhand des Strombezugslastgang ist der Strombezug über das gesamte Jahr ersichtlich. In den Wintermonaten ist der Volllastbetrieb des Heizkraftwerks im Strombezugslastgang ersichtlich. Hier beträgt die benötigte Leistung rund 220 kW, während der Revision sind es nur noch rund 35 kW.

Der Lastgang zeigt keine Auffälligkeiten in Form von einzelnen Strombezugsspitzen und ist üblich für Heizkraftwerke dieser Größenordnung.

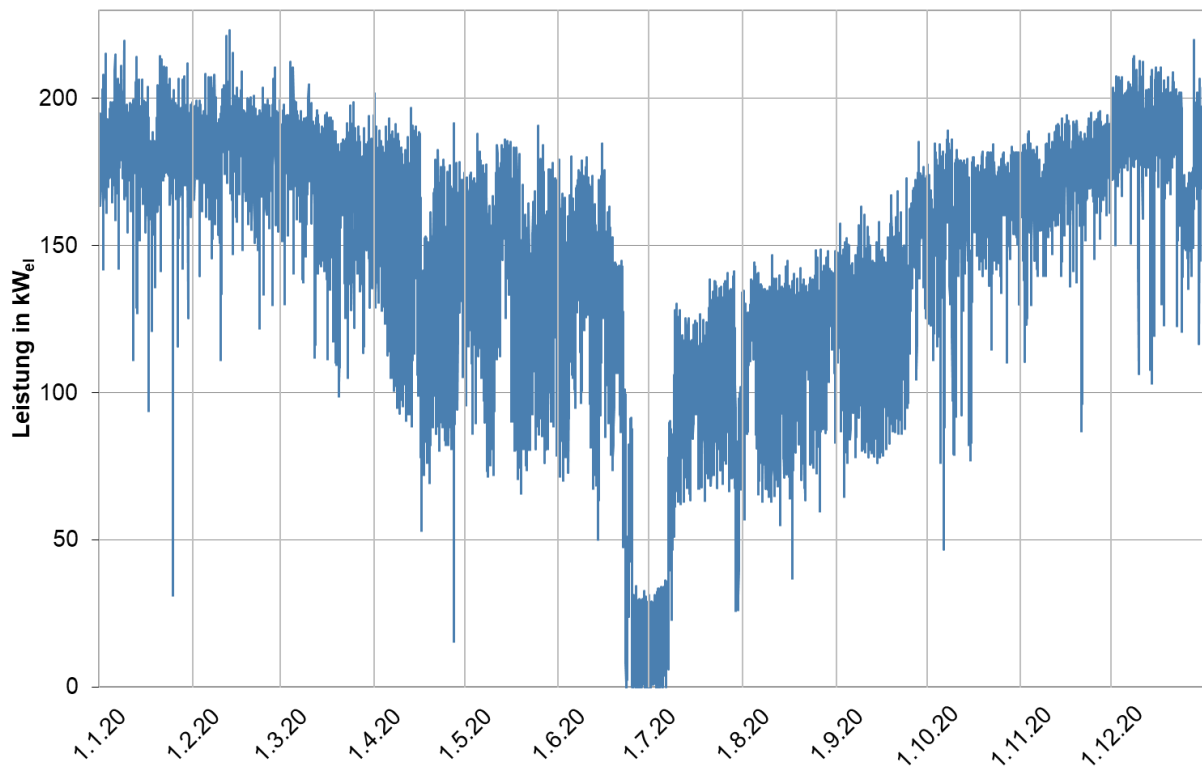


Abbildung 2: Der elektrische Lastgang des Jahres 2020

2.1.2 Die Stromeinspeisung der ORC-Anlage

Die Stromeinspeisung der ORC-Anlage:

In der nachfolgenden Abbildung 3 ist die Stromeinspeisung der ORC-Anlage in das öffentliche Stromnetz dargestellt. Die Anlage wird nach dem „Erneuerbare-Energien-Gesetz“ vergütet und der produzierte Strom vollständig in das öffentliche Stromnetz eingespeist. Die Datenaufzeichnung resultiert aus der im Rahmen des digitalen Energiekonzepts installierten Datenerfassung des Einspeisezählers, die aufgezeichneten Daten stehen ab dem Monat August 2020 für die Berechnungen zur Verfügung. In den Sommermonaten wird die ORC-Anlage in Teillast betrieben und nicht benötigte Wärme über die Bilanzkühler abgeführt. Ab dem Monat Oktober wird das Wärmenetz wieder im Wintermodus betrieben, sodass die Wärmeabnahme aus dem ORC-Prozess sichergestellt werden kann und die Nennleistung von 850 kWel wieder erreicht wird.

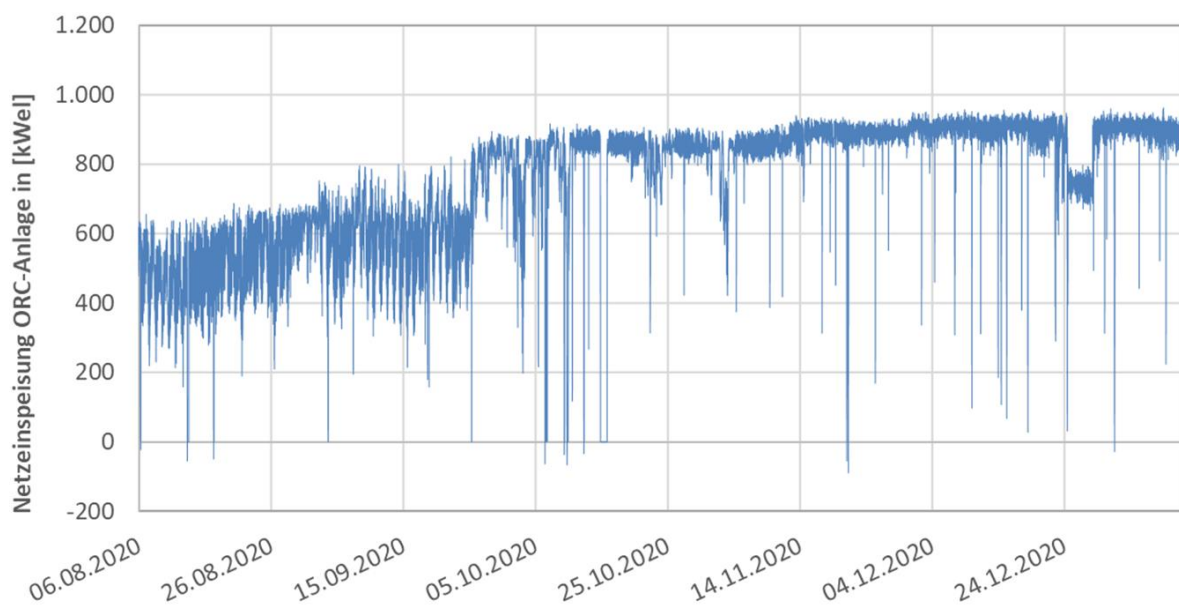


Abbildung 3: Die Stromeinspeisung der ORC-Anlage

In Abbildung 4 ist zusätzlich zur Stromeinspeisung der ORC-Anlage die elektrische Bezugsleistung der Bilanzkühlerventilatoren in als rote Linie dargestellt. Am Strombezug der Ventilatoren ist die Umstellung des Wärmenetzes anhand des rückläufigen Leistungsbedarfs erkennbar. Zusätzlich ist die Lufttemperatur im Außenbereich (Quelle: 2m Höhe) dargestellt, diese ist mit ausschlaggebend für den Strombedarf der Bilanzkühlerventilatoren. Die Lufttemperatur beeinflusst somit die elektrische Leistung der ORC-Anlage, sollte der Rücklauf des Kühlwassers ansteigen verringert sich die Effizienz und somit die elektrische Leistung der ORC-Anlage.

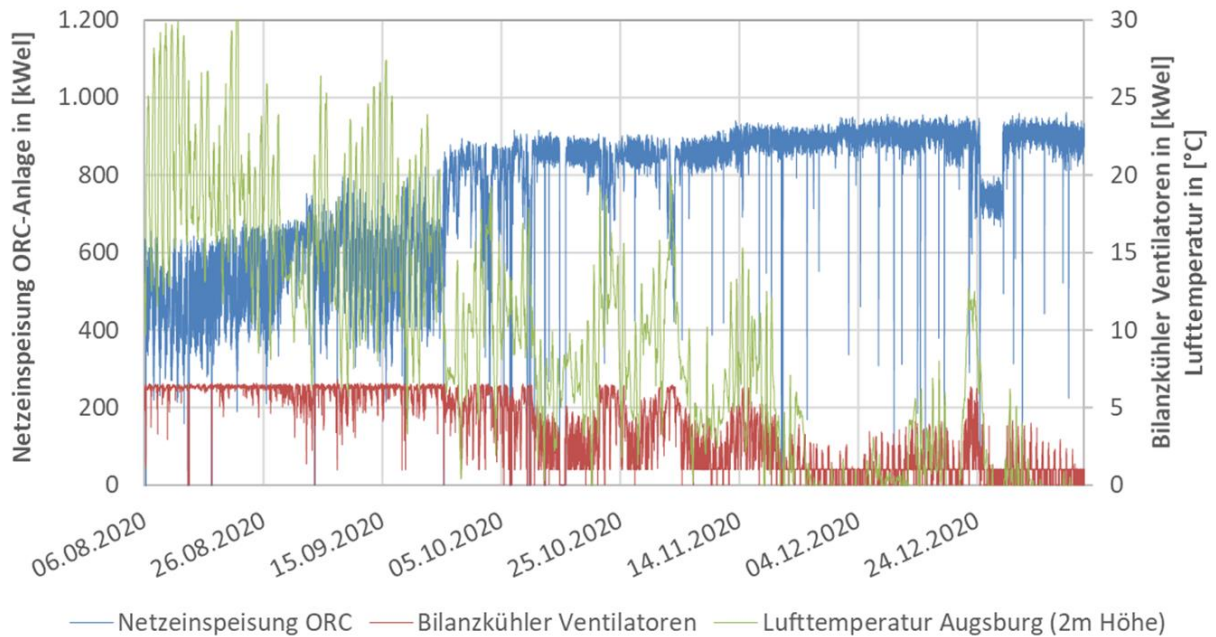


Abbildung 4: Die ORC-Anlage mit Bilanzkühler

Die Tabelle 2 stellt die Stromerzeugung der ORC-Anlage und den Stromverbrauch für des Bilanzkühlers des Monats November 2020 dar.

Tabelle 2: Die Daten zur ORC-Anlage des Monats 2020

Jahr		November 2020
Stromeinspeisung ORC	[kWh _{el}]	621.328
Stromverbrauch Bilanzkühler	[kWh _{el}]	1.634

2.1.3 Der elektrische Energiebedarf der Verbraucher

In Abbildung 5 ist der Strombezug der Hauptzähler und Großverbraucher des Heizkraftwerks für den Monat November 2020 dargestellt.

Der „Netzbezug gesamt“ stellt den gesamten, steigenden Strombedarf ab Anfang Oktober bei Umstellung des Wärmenetzes auf den Winterbetrieb mit stetig steigendem Wärmebedarf dar.

Die Kesselregelung hat eine Grundlast von 50 kW elektrischer Leistung und steigt auf bis zu 75 kW an. Der Zähler „Kesselregelung“ beinhaltet die Primär- und Sekundärluftventilatoren sowie die Hackgutzuführung zum Kessel.

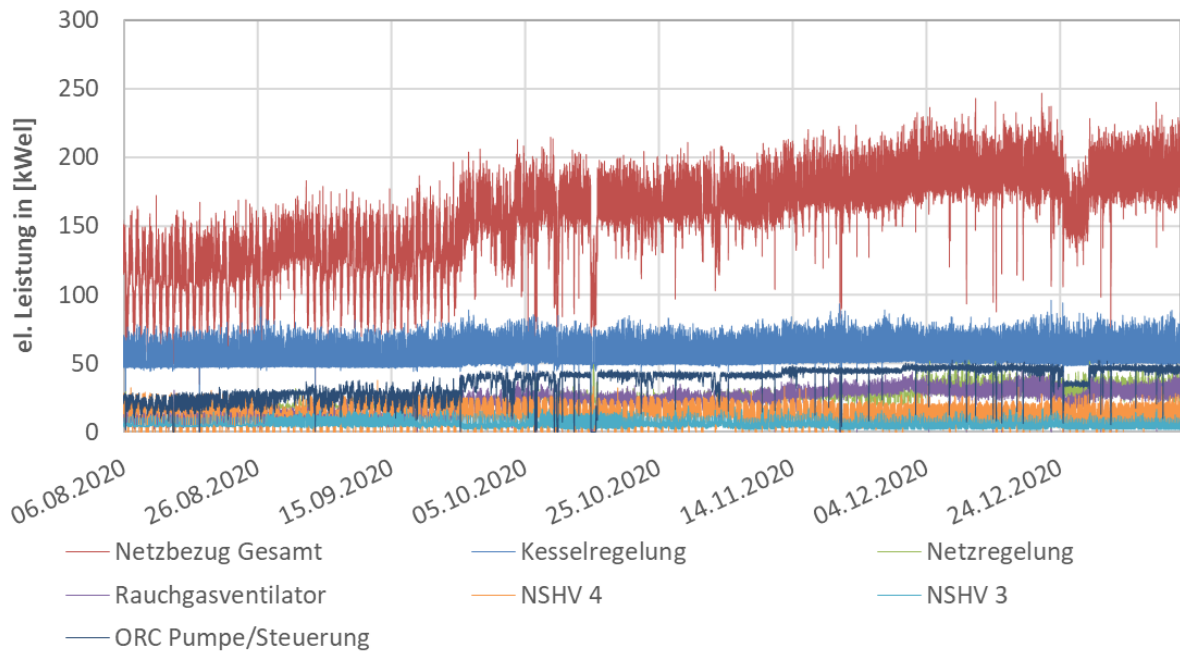
Die Netzregelung beinhaltet die Wärmeverteilung über die Netzpumpen in den Strang „Wärmeschiene“ und „Aichach Nord“.

Der Rauchgasventilator ist ausschließlich für den Rauchgaszug des Biomassekessels zuständig.

Die beiden Zähler NSHV 3 und 4 versorgen mehrere Abnehmer und sind in den weiteren Abbildungen detaillierter dargestellt.

Der ORC Zähler Pumpe/Steuerung beinhaltet den Strombedarf für den Betrieb der ORC-Anlage.

Durch die im Rahmen des Digitalen Energiekonzepts installierte Messtechnik, kann der Stromverbrauch den einzelnen Verbrauchern bis zu 98,3 % zugeordnet werden.



November 2020		Netzbezug Gesamt	Kesselregelung	Netzregelung	Rauchgasventilator	ORC Pumpe	NSH 3	NSH 4	Summe
Stromverbrauch	[kWh]	124.167	39.775	18.809	20.129	30.666	3.557	9.059	121.996
Stromverbrauch	[%]	100 %	32 %	15,1 %	16,2 %	24,7 %	2,9 %	7,3 %	98,3 %

Abbildung 5: Der gesamte Strombezug des Monats November für das Heizkraftwerks in Aichach

In Abbildung 6 sind die Hauptverbraucher des gesamten Strombedarf für den Monats November 2020 als Balkendiagramm dargestellt. Der größte Verbraucher ist die Kesselregelung für den Biomassekessel mit rund 40.000 kWh, welcher die Luftgebläse, Hackgutzuführen und Rauchgasabreinigung enthält. Ein weiterer Großverbraucher ist die ORC-Anlage mit rund 30.000 kWh im Monat.

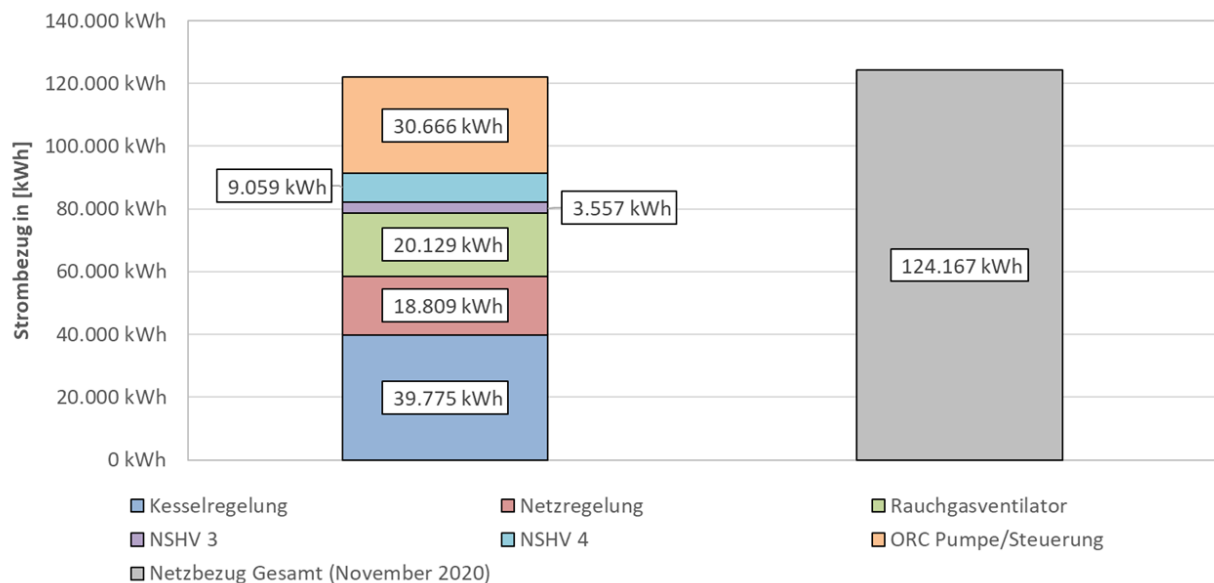
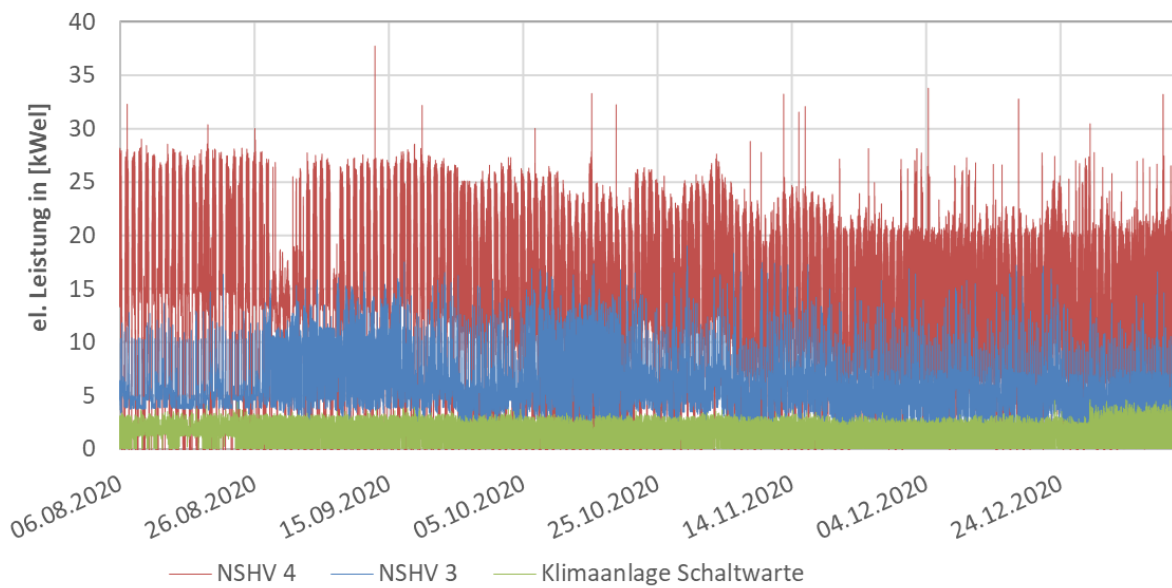


Abbildung 6: Der gesamte Strombezug des Monats November für das Heizkraftwerk in Aichach

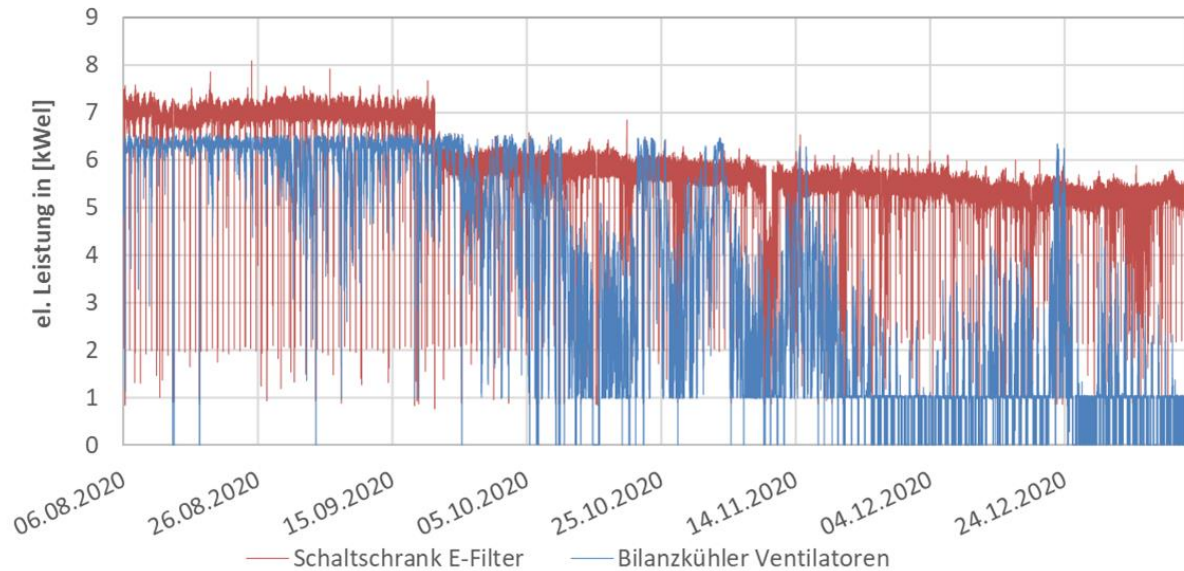
In Abbildung 7 ist der Strombedarf der NSHV 3, NSHV 4 und der „Klimaanlage Schaltwarte“ detailliert dargestellt.



November 2020		Netzbezug Gesamt	NSHV 3	NSHV 4	Klimaanlage Schaltwarte
Stromverbrauch	[kWh]	124.167	3.557	9.059	1.049
Stromverbrauch	[%]	100 %	3 %	7 %	1 %

Abbildung 7: Der Strombedarf von NSHV 3 und 4 sowie der Klimaanlage der Schaltwarte

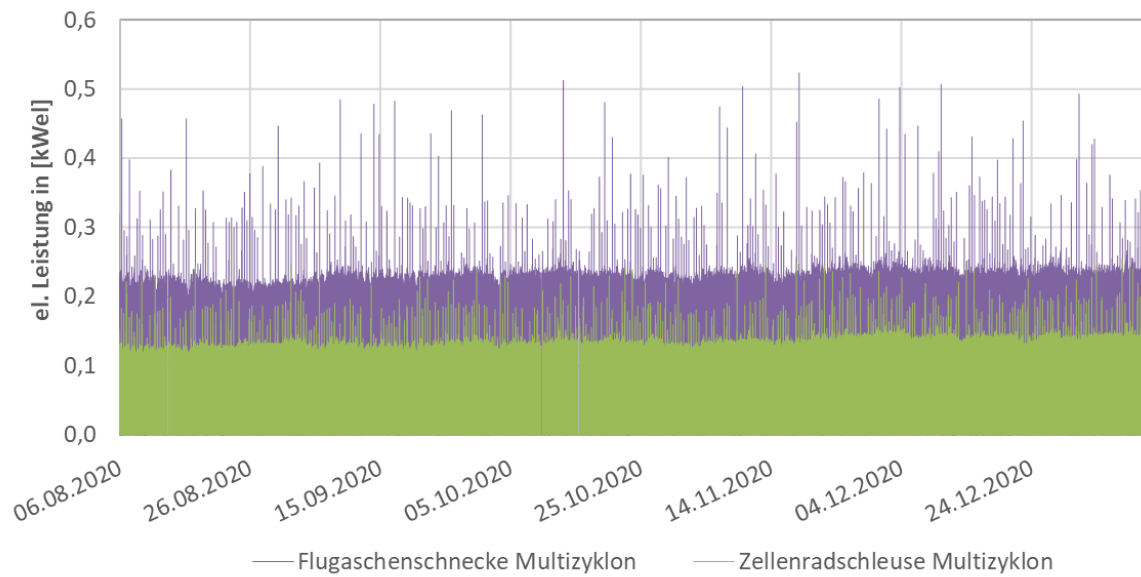
In Abbildung 8 ist der Strombedarf des E-Filters für den Biomassekessel und der elektrische Energiebedarf für die Bilanzkühler dargestellt. Die Wärmenetzumstellung Anfang Oktober ist sehr gut erkennbar. Mit steigendem Wärmebedarf im Netz kann die Leistung des Bilanzkühlers zurückgefahren werden.



November 2020		Netzbezug Gesamt	Schaltschrank E-Filter	Bilanzkühler Ventilatoren
Stromverbrauch	[kWh]	124.167	3.797	1.634
Stromverbrauch	[%]	100 %	3 %	1 %

Abbildung 8: Der Strombedarf des E-Filters und des Bilanzkühlers

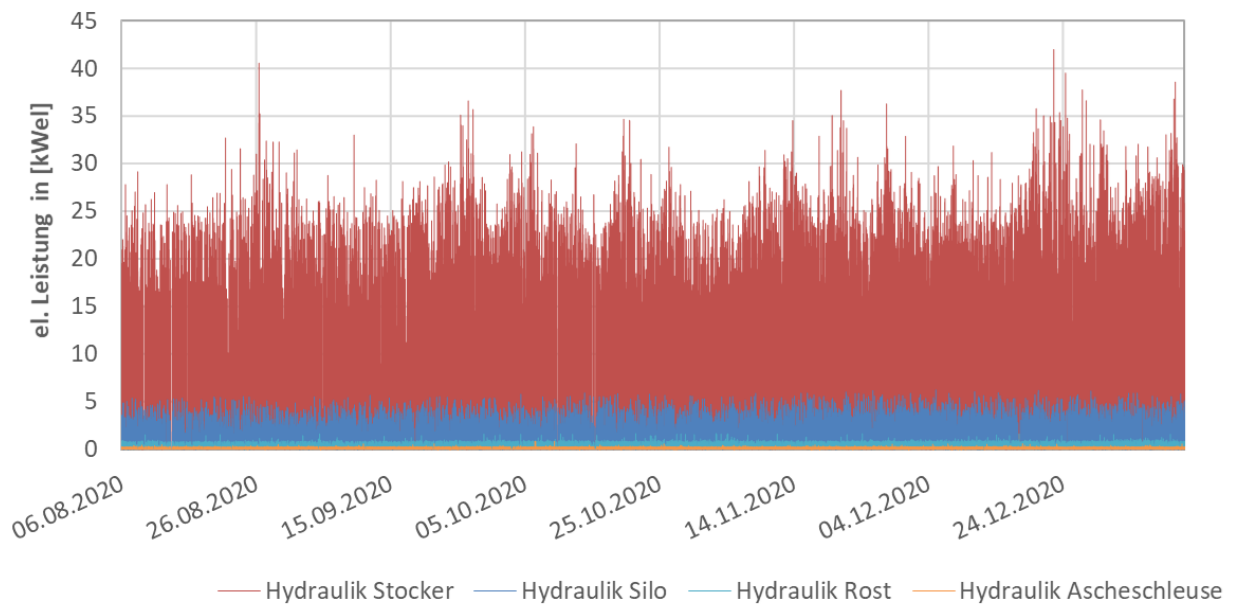
In Abbildung 9 ist der Strombedarf für die Flugascheschnecke und der Zellenradschleuse des Multizyklon dargestellt. Aufgrund der verbauten Getriebemotoren und geringen Belastung haben diese Motoren einen sehr geringen Leistungsbedarf.



November 2020		Netzbezug Gesamt	Flugascheschnecke Multizyklon	Zellenradschleuse Multizyklon
Stromverbrauch	[kWh]	124.167	52	13
Stromverbrauch	[%]	100 %	-	-

Abbildung 9: Der Strombedarf für die Flugascheschnecke und der Zellenradschleuse des Multizyklon

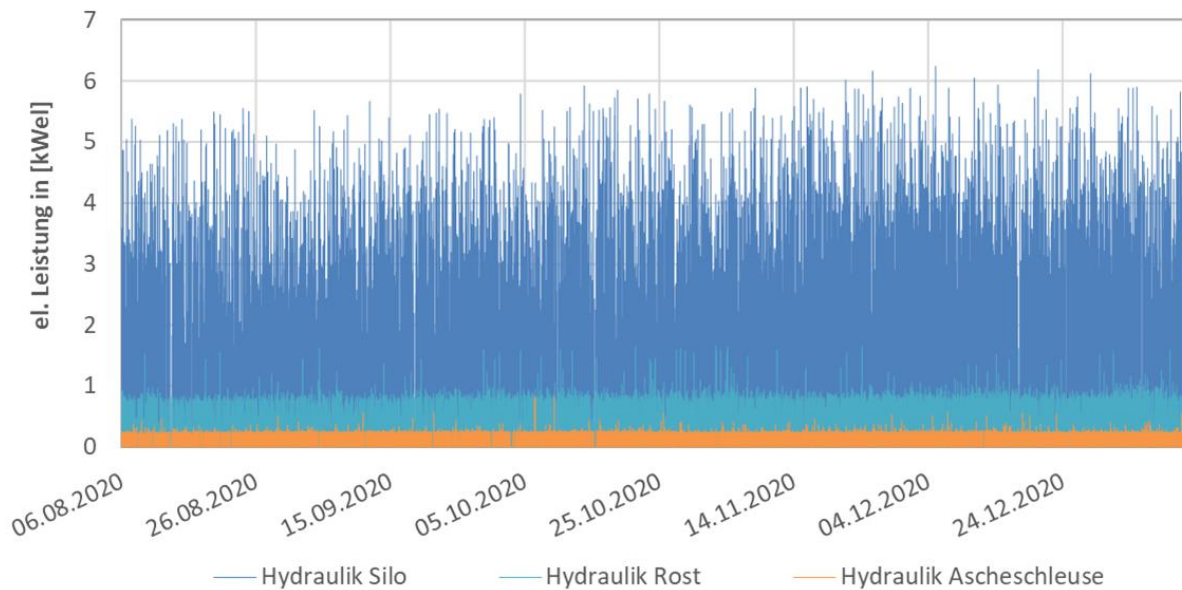
In Abbildung 10 ist der Strombedarf der Hydraulikaggregate des Biomassekessels dargestellt. Die Hydraulik für den Stocker hat den höchsten Strombedarf, da hier große Mengen an Biomasse bewegt werden müssen.



November 2020		Netzbezug Gesamt	Hydraulik Stocker	Hydraulik Silo	Hydraulik Rost	Hydraulik Ascheschleuse
Stromverbrauch	[kWh]	124.167	2.863	343	136	20
Stromverbrauch	[%]	100 %	2,3 %	0,3 %	0,1 %	0,02 %

Abbildung 10: Die Hydraulikaggregate am Biomassekessel

In Abbildung 11 ist der Strombedarf der Hydraulikaggregate zur besseren Übersicht ohne dem Strombedarf für den Stocker dargestellt.



November 2020		Netzbezug Gesamt	Hydraulik Silo	Hydraulik Rost	Hydraulik Ascheschleuse
Stromverbrauch	[kWh]	124.167	343	136	20
Stromverbrauch	[%]	100 %	0,3 %	0,1 %	0,02 %

Abbildung 11: Die Hydraulikaggregate am Biomassekessel ohne Stocker

In Abbildung 12 sind die Stromverbraucher des Monats November 2020 dargestellt, welche einen Monatsstrombedarf größer einem Prozent aufweisen. Insgesamt wurden 57 elektrische Verbraucher im Rahmen dieses Projektes vermessen und ausgewertet.

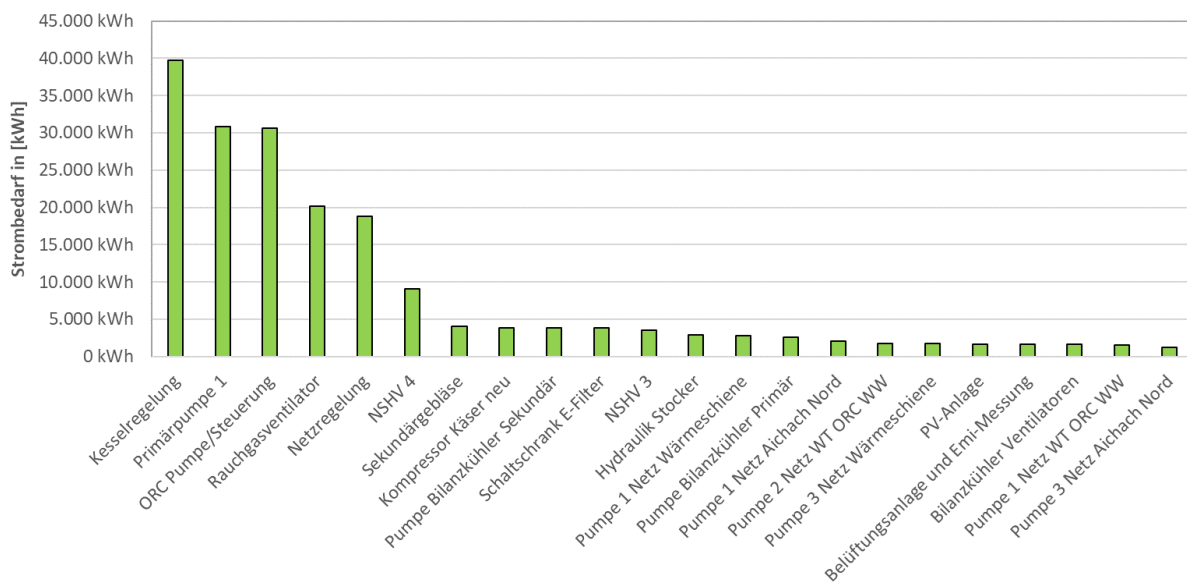


Abbildung 12: Die Stromverbraucher des Monats November 2020 mit einem Strombedarf größer 1 %

2.2 Der thermische Energiebedarf

In Abbildung 13 ist die Übersicht der thermischen Leistungen dargestellt. Die Wärme aus dem Biomassekessel wird in vollem Umfang dem ORC-Prozess zur Verfügung gestellt. Sollte die ORC-Anlage einen technischen Defekt aufweisen, so kann mit dem Thermalölmärmetauscher die ORC-Anlage umgangen werden. Im Betrachtungszeitraum war diese Umgehung des ORC-Prozesses nicht in Betrieb. Der ORC Warmwasserwärmetauscher nimmt die Abwärme aus dem ORC-Prozess auf und leitet Sie zu den Verbrauchern weiter. Die Verbraucher setzen sich aus den beiden Wärmenetzen „Aichach Nord“, „Wärmeschiene“ und der Beheizung von „E-Filter / Containerplatz“ zusammen. Sollte die geforderte Rücklauftemperatur nicht erreicht werden, wird die Abwärme über den Bilanzkühler an die Umgebung abgegeben. Aus Redundanzgründen ist noch ein Erdgas- und Heizölkessel im Werk installiert, diese werden vor allem bei Lastspitzen oder Wartungen des Biomassekessels eingesetzt.

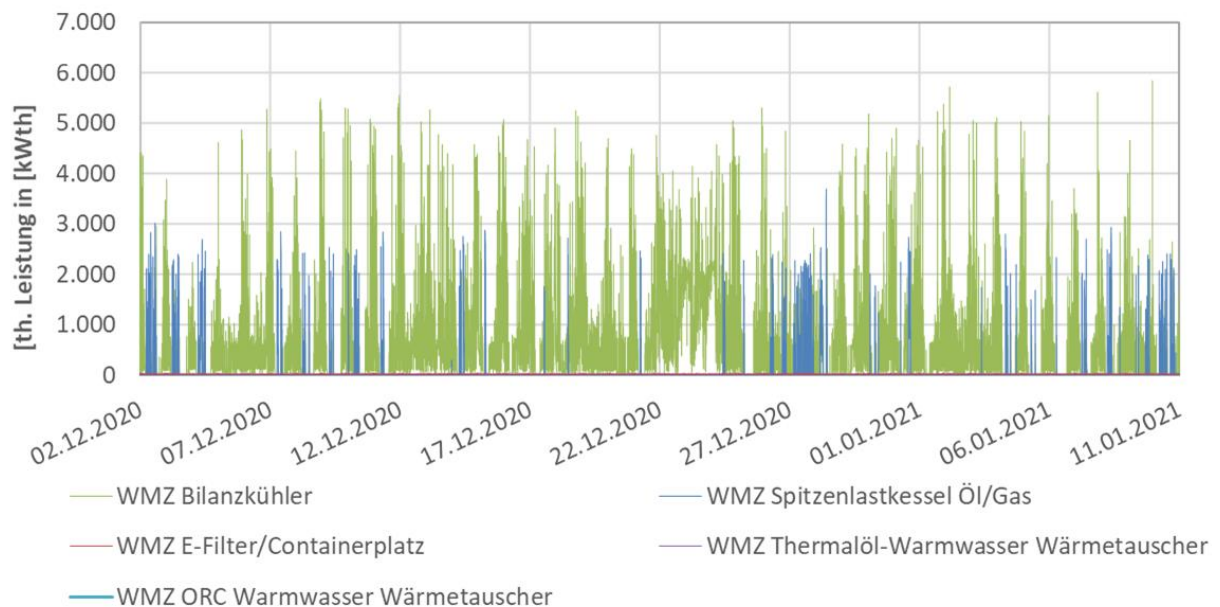
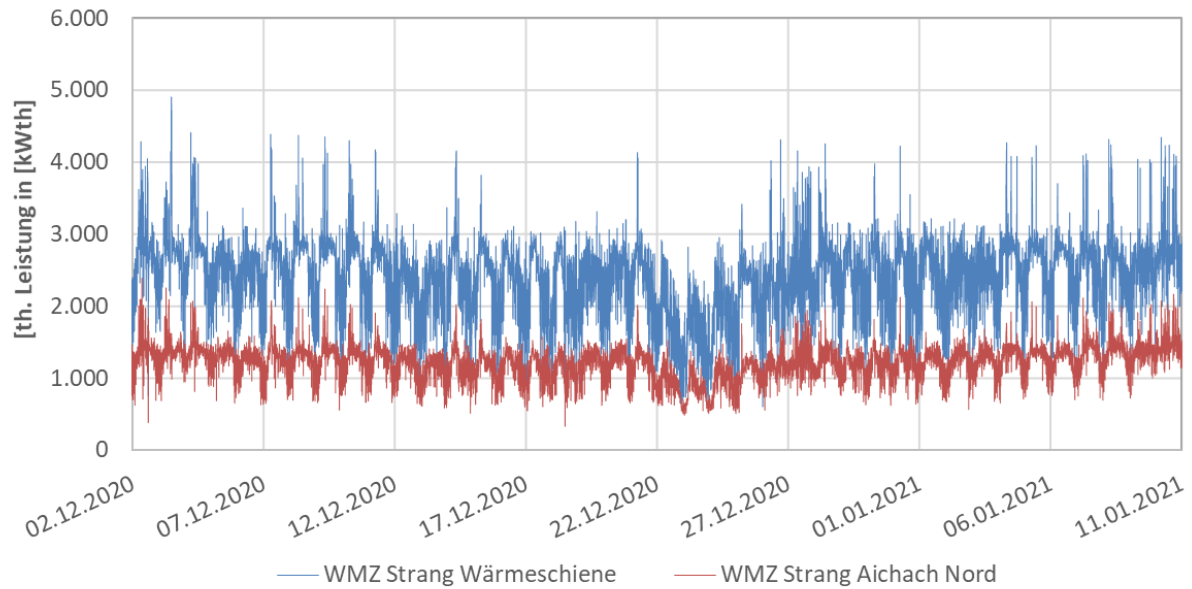


Abbildung 13: Die thermischen Leistungen im Kraftwerk

In Abbildung 14 ist die Wärmeverteilung in die beiden Wärmenetze „Strang Wärmeschiene“ und „Strang Aichach Nord“ dargestellt. Die Leistungsspitzen sind jeweils in den Morgenstunden ersichtlich, dagegen ist der Leistungsrückgang auf die Nachstunden zurückzuführen. Der Wärmeeinsatz im „Strang Aichach Nord“ entspricht rund 1.200 MWh, dagegen benötigt der „Strang Wärmeschiene“ rund 2.400 MWh.



		Strang Wärmeschiene	Strang Aichach Nord	Σ
Wärmeenergie	[MWh]	2.359	1.197	3.556

Abbildung 14: Die Wärmeabnahme der beiden Wärmenetze

In Abbildung 15 ist auf der linken Seite die Wärmeerzeugung aus Biomasse mit rund 28.900 MWh und die fossile Wärmeerzeugung mit rund 600 MWh für das Jahr 2020 dargestellt.

Die Wärmenutzung setzt sich aus dem Wärmeabsatz mit 4.600 MWh für den „Strang Aichach Nord“ und 9.000 MWh über den „Strang Wärmeschiene“ zusammen. Der gesamte Netzverlust beträgt 3.800 MWh.

Um einen effizienten Betrieb der ORC-Anlage auch in den Sommermonaten bei geringeren Wärmeabsatz zu gewährleisten, wird die Rücklauftemperatur mittels Bilanzkühler auf den geforderten Sollwert abgekühlt.

Die Beheizung des E-Filters und des Containerplatzes an der Anlage benötigt 200 MWh pro Jahr. Diese wird benötigt, um die Betriebstemperatur zu gewährleisten.

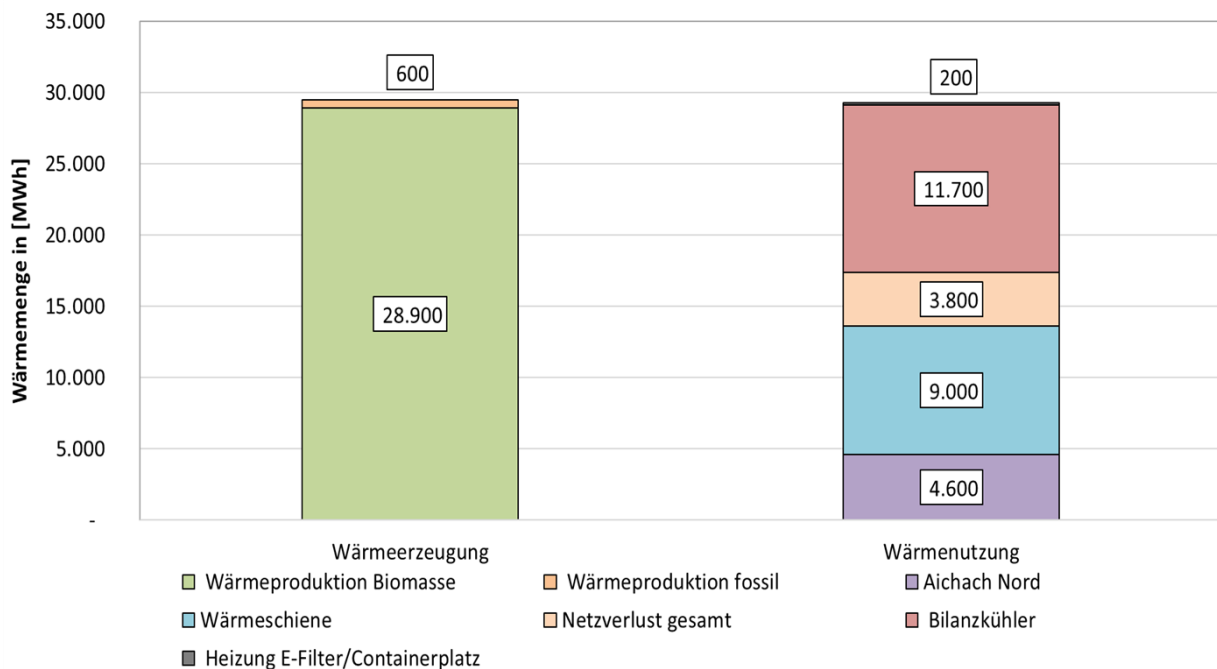


Abbildung 15: Die Wärmeproduktion und der Wärmeeinsatz des Jahres 2020

3 Die Optimierungsansätze für die Biomasse Aichach GmbH

3.1 Die Erweiterung des Bilanzkühlers

In Abbildung 16 ist die Stromproduktion ab dem Monat August dargestellt. Ab diesem Zeitpunkt wurden die Stromzähler in einer neuen Software, welche im Rahmen dieses Projektes installiert wurde, erfasst und ausgewertet.

Die geringere Stromproduktion als blaue Linie des Monats August und September ist den höheren Sommertemperaturen und demnach höheren Rücklauftemperaturen zu der ORC-Anlage geschuldet. Die Rücklauftemperatur kann mit den vorhandenen Bilanzkühler nicht auf die notwendige Temperatur abgesenkt werden.

Durch die höhere Rücklauftemperatur verringert sich die elektrische Leistung der ORC-Anlage und somit die Stromkennzahl.

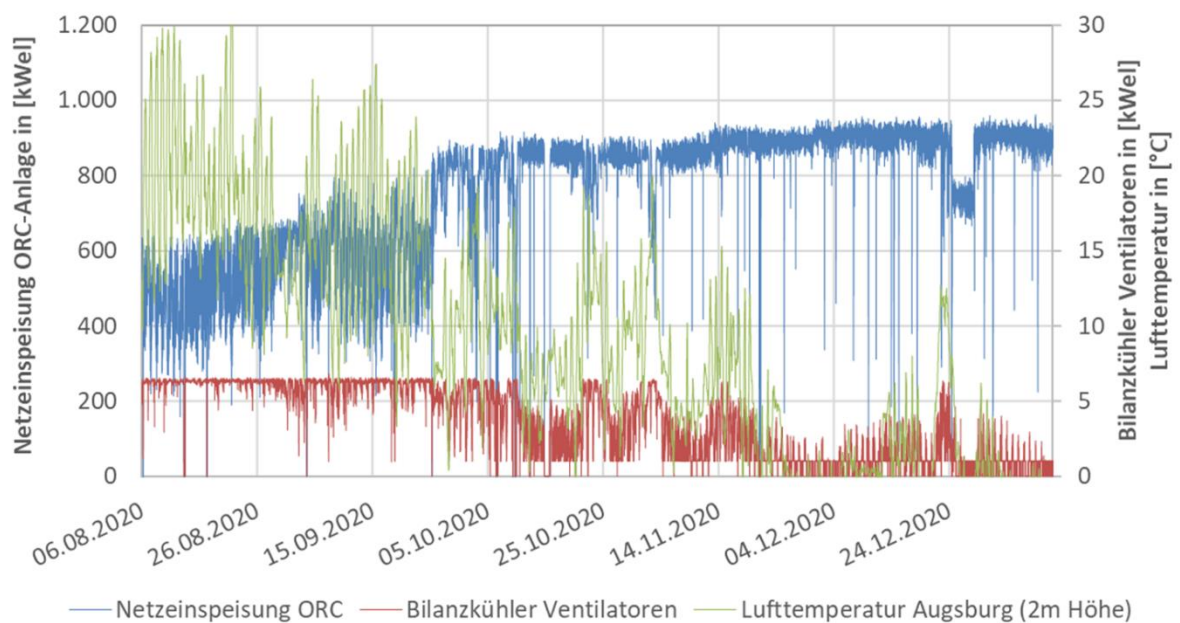


Abbildung 16: Die Stromproduktion der Biomasse Aichach GmbH für den Zeitraum August 2020 bis 31.12.2020

Zwischenfazit: Für eine Aufrechterhaltung der elektrischen Nennleistung, ist die Rücklauftemperatur zur ORC-Anlage zu begrenzen. Dies kann mit der aktuellen Wärmeabsatz- / Bilanzkühlerkombination nicht gewährleistet werden.

Optimierungsansatz: Einhaltung der maximalen ORC-Rücklauftemperatur durch Erhöhung des sommerlichen Wärmeabsatz über den Bilanzkühler.

Anmerkung:

Aufgrund der beengten Platzverhältnisse ist die Installation des zusätzlichen Bilanzkühlers zu prüfen. Aufgrund eines erhöhten Installationsaufwands ist gegebenenfalls mit einer längeren Amortisationsdauer zu rechnen, dies ist durch ein Planungsbüro vor Ort zu prüfen.

Fördermöglichkeiten:

Grundsätzlich würde hier das „Bundesförderung für Energieeffizienz in der Wirtschaft“ im Mo-dul 4 passen, jedoch sind Anlagen die eine Stromvergütung nach dem EEG (Erneuerbaren Energien Gesetz) erhalten ausgeschlossen. Weitere Fördermöglichkeiten bestehen für diese Maßnahme nicht.

3.2 Die Wirkungsgradsteigerung am Biomassekessel

In Abbildung 17 ist der Biomassekessel der „Biomasse Wärmeverbund Aichach GmbH“ schematisch dargestellt.

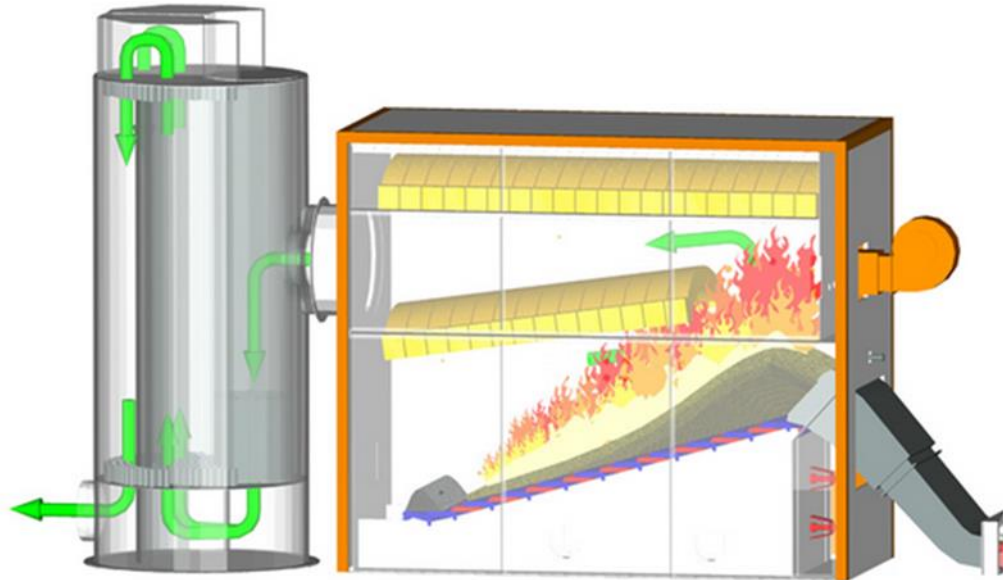


Abbildung 17: Die schematische Darstellung des Biomassekessels der BWA GmbH [Quelle: www.agro-ft.at]

Den Untersuchungen hinsichtlich einer Wirkungsgradsteigerung des Biomassekessels liegt das Emissionsgutachten der Firma DEKRA vom Januar 2021 zugrunde. Die Emissionsmessung zeigt einen Restsauerstoff im Rauchgas von 10,7 %, was einem Lambda von etwa 2 entspricht. Der hohe Volumenstrom ist der Brennraum- und Rostkühlung geschuldet, damit die Gefahr der Schlackebildung reduziert wird. Dieser Wert ist für Anlagen mit einer „einfachen“ Verbrennung ohne Rezirkulation des Rauchgases üblich.

Zwischenfazit: Durch den hohen Sauerstoffgehalt im Abgas ergibt sich ein hoher Verbrennungslufteinsatz, welcher dann unweigerlich zu hohen Abgasmassenströmen führt. Die Abgastemperatur am Kamin beträgt im Mittel rund 200°C.

Optimierungsansatz: Der feuerungstechnische Wirkungsgrad könnte mit einer Reduzierung des Lambdawertes auf ca. 1,4 und der damit einhergehenden verringerten Abgasverluste gesteigert werden. Diese Anpassung würde ein um 35 % geringeres Rauchgasvolumen bedeuten.

Wie oben beschrieben sind die hohen Verbrennungsluftströme im Brennraum der Rostkühlung geschuldet, diese Kühlung hat jedoch den Nebeneffekt, dass der Auslegungspunkt des

elektrostatischen Feinstaubabscheiders teilweise nicht mehr eingehalten wird und somit die Staubemissionen ansteigen. Sollte der Brennraum über eine Luftrezirkulation gekühlt werden, würde der Abgasmassenstrom reduziert und dadurch die Belastung des E-Filters minimiert werden.

In Abbildung 18 ist der Sauerstoffgehalt im Rauchgas dem Lambda des Biomassekessels gegenübergestellt. Die rote Linie stellt den Betriebspunkt bei der Abnahmemessung im Januar 2021 mit einem Sauerstoffgehalt von 10,7 % dar. Laut dem neuen Effizienztool der Firma AGRO ft über den angebotenen „AGRO Efficiency Booster“ wird der Sauerstoffgehalt auf rund 6 % im Rauchgas reduziert, was einem Lambda von rund 1,4 entspricht.

Anmerkung: Zur Plausibilisierung der Leistungsfähigkeit des sog. „AGRO Efficiency Booster“ wurde mit dem Heizwerk Dillingen Kontakt aufgenommen. Hier wird die gleiche Technik bereits in einer einfacheren Ausführung eingesetzt, die Restsauerstoffgehalte bewegen sich dort im Bereich von 6 - 7%.

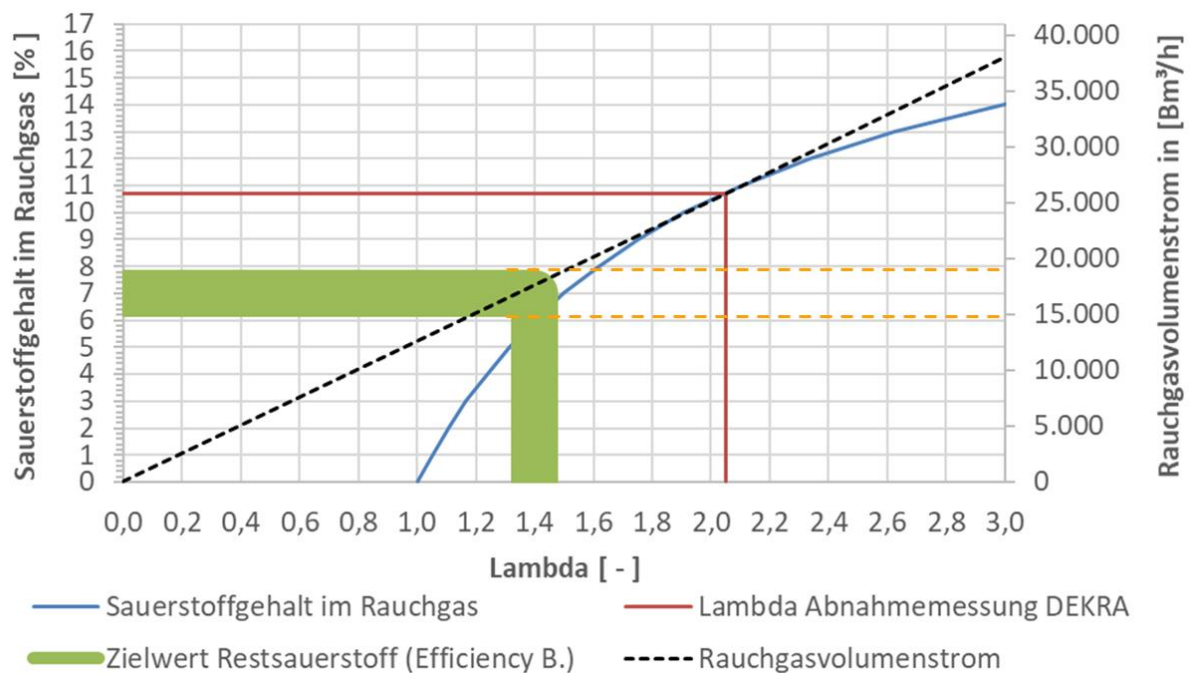


Abbildung 18: Das Luftverhältnis im Biomassekessel, Lambda

In der Abnahmemessung der Firma DEKRA vom Januar 2021 wurde ein Rauchgasvolumenstrom von rund 25.700 m³/h ermittelt, das Rauchgasvolumen ist auf der vertikalen Sekundärachse dargestellt. Mit einer Reduzierung des Luftverhältnisses könnte die Menge um rund 35 % auf rund 16.500 m³/h reduziert werden.

Fördermöglichkeiten:

Grundsätzlich würde hier das „Bundesförderung für Energieeffizienz in der Wirtschaft“ im Modul 4 passen, jedoch sind Anlagen die eine Stromvergütung nach dem EEG (Erneuerbaren Energien Gesetz) erhalten ausgeschlossen. Weitere Fördermöglichkeiten bestehen für diese Maßnahme nicht.

Zur Plausibilisierung des von der Dekra im Januar 2021 gemessenen Restsauerstoffgehalts wurden die von der kontinuierlichen Emissionsmessung aufgezeichneten Restsauerstoffgehalt eines Jahres ausgewertet. In Abbildung 19 ist der Sauerstoffgehalt im Rauchgas aus der Verbrennung im Biomassekessel über einen Zeitraum von einem Jahr dargestellt. Aufgrund der hohen Wärmeabnahme im Winterzeitraum liegt hier der Sauerstoffgehalt im Rauchgas etwas niedriger (rund 10 %) als im Sommerzeitraum bei Teillastbetrieb mit knapp 12 % Restsauerstoff. Im Juli 2020 ist die dreiwöchige Revision am Biomassekessel ersichtlich. In diesem Zeitraum wird die notwendige Wärme für das Wärmenetz zur Warmwasserbereitung über die vorhandenen, fossilen Spitzenlastkessel bereitgestellt.

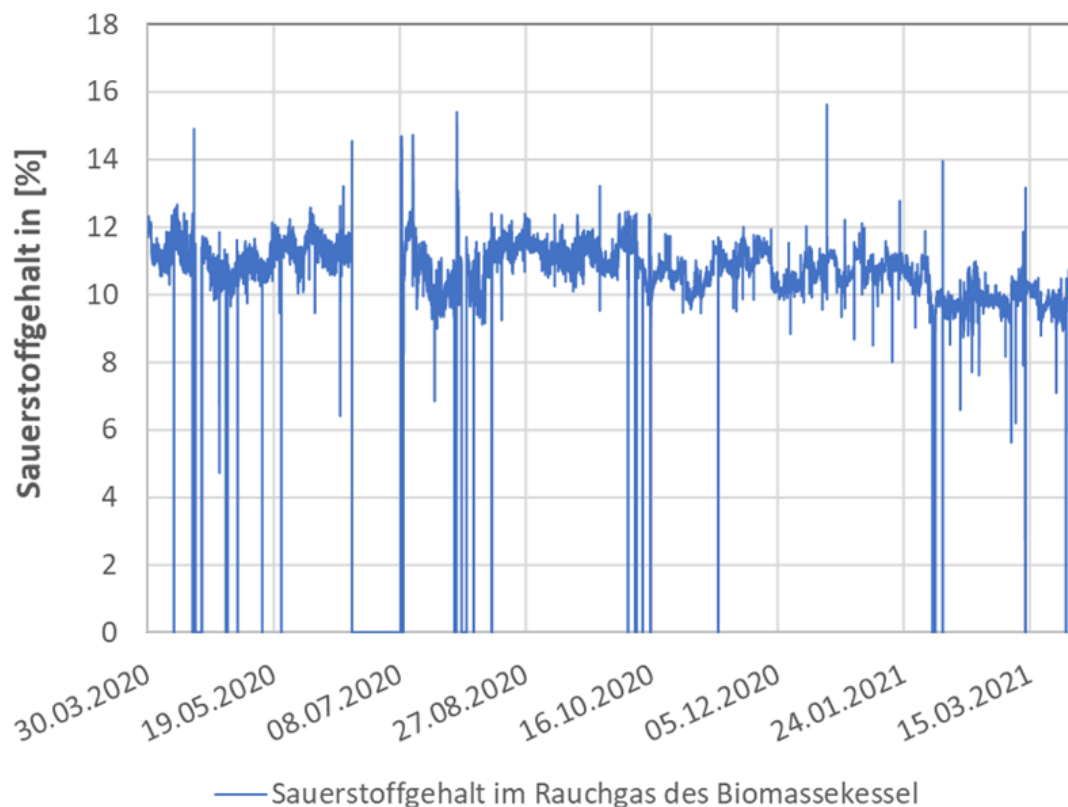


Abbildung 19: Der Sauerstoffgehalt im Biomassekessel

Als weiterer Optimierungspunkt am Biomassekessel konnte eine Schallabreinigung gegenüber der bestehenden Druckluftanlagen festgestellt werden. Das System wird im Heizwerk Dillingen bereits erfolgreich eingesetzt. Das Druckniveau für die Schallabreinigung kann von 15 bar im Ausgangszustand auf rund 6,5 bar für die Schallabreinigung reduziert werden. Aufgrund der Reflexionen der Schallwellen im Kessel, können auch komplexe Bereiche wie z.B. die Rückseite der Thermoölleitungen am Erhitzerkopf erreicht werden. Die Druckluftversorgung benötigt rund 4.300 kWh, davon können laut Angaben des Personals rund 85 % auf die Druckluftabreinigung umgelegt werden. Mit einer Schallabreinigung kann der Druckluftbedarf somit erheblich reduziert werden.

3.3 Die Belastung des Staubfilters

Aufgrund der zukünftigen Einstufung des Biomassekessel in der 44.BImSchV ändern sich auch die Grenzwerte für den Biomassekessel. Der Bezugssauerstoffgehalt wird von aktuell 11 % nach den Vorgaben der TA Luft auf zukünftig 6 % in der 44. BImSchV festgesetzt. Der zukünftige Sauerstoffgehalt im Kessel sollte somit bei 6 % oder darunter liegen, ansonsten müssen die Staubemissionen der Emissionsmessreihe rechnerisch angepasst werden. Dies führt zu einer schlechteren Einstufung der Emissionswerte. Im aktuellen Betrieb werden die Staubemissionen über einen Multizyklon und anschließend dem elektrostatischen Feinstaubabscheider auf den maximal zulässigen Grenzwert von 20 mg/m³ bei 11 % Restsauerstoff reduziert.

In Abbildung 20 ist zusätzlich zum Sauerstoffgehalt im Rauchgas auch das Rauchgasvolumen auf der Sekundärachse dargestellt.

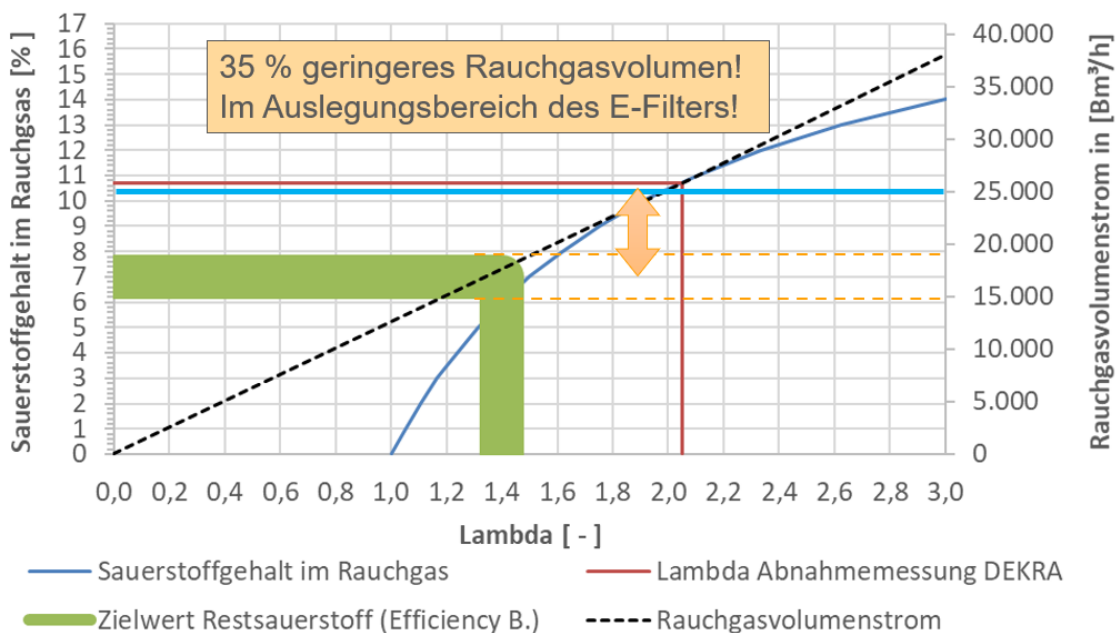


Abbildung 20: Das Luftverhältnis im Biomassekessel, Rauchgasvolumen

Optimierungsansatz: Durch die im vorangegangenen Kapitel 0 beschriebene Rauchgasrezirkulation, kann eine Reduzierung des Rauchgasvolumens um bis zu 35 % ausgehend vom Volumenstrom der Abnahmemessung, auf rund 17.000 m³/h reduziert werden.

3.3.1 Ausführung des Optimierungsansatzes

3.3.1.1 Saugseitige Rauchgasentnahme

In Abbildung 21 ist die saugseitige Rauchgasentnahme zur Rezirkulation nach dem Multizyklon, vor dem E-Filter dargestellt. Das restliche Rauchgas wird über den E-Filter gesaugt und anschließend über das Rauchgasgebläse druckseitig zum Kamin an die Umgebung abgegeben.

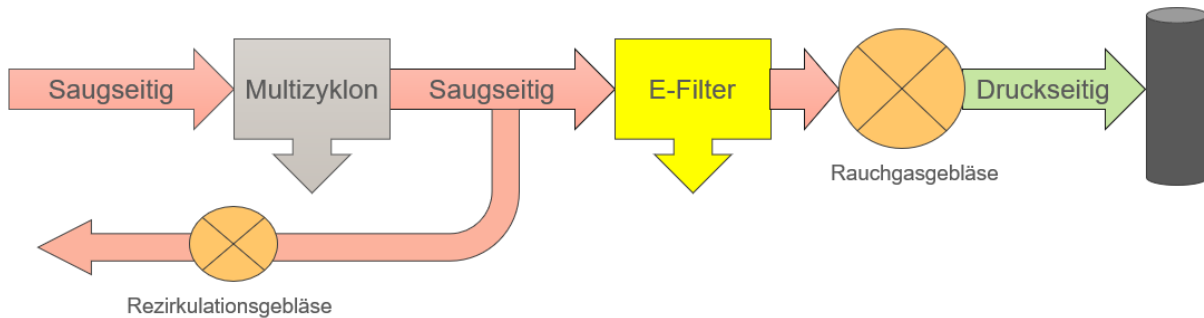


Abbildung 21: Rauchgasrezirkulation mit saugseitiger Rauchgasentnahme

Die dargestellte saugseitige Rauchgasentnahme stellt aufgrund des geringen baulichen Aufwands die einfachste Variante mit den geringsten Investitionskosten dar. Der Vorteil dieser Variante liegt darin, dass die künftige Belastung des Rauchgasventilators abnimmt und der vorhandene Rauchgasventilator nicht abgeändert bzw. vergrößert werden muss. Die Belastung des E-Filters nimmt zukünftig ebenfalls ab, da die Rezirkulation den Volumenstrom vor dem E-Filter entnimmt.

Anmerkung: Für die saugseitige Entnahme des Rezirkulationsgases muss eine redundant ausgeführte Sicherheitsklappe eingebaut werden, welche bei einem Ausfall des Rezirkulationsgebläses ein zurücksaugen von heißem Brenngas über den Rauchgasventilator sicher unterbindet. Ist das nicht gewährleistet, kann es zu Schäden am Rezirkulationsgebläse bzw. dessen Rauchgasanbindung kommen.

3.3.1.2 Druckseitige Rauchgasentnahme nach E-Filter

In Abbildung 22 ist die druckseitige Rauchgasentnahme vor dem Kamin zur Rezirkulation dargestellt. Das Rauchgas wird über den Multizyklon und E-Filter gesaugt und über das Rauchgasgebläse druckseitig zum Kamin an die Umgebung abgegeben.

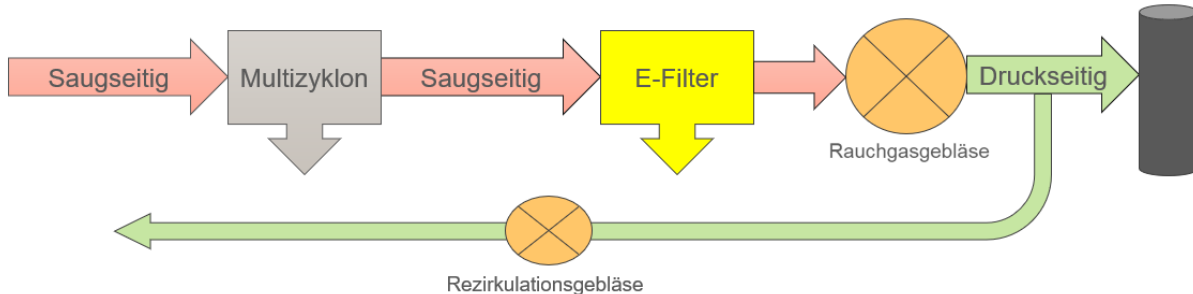


Abbildung 22: Rauchgasrezirkulation mit druckseitiger Rauchgasentnahme vor dem Kamin

Die dargestellte druckseitige Rauchgasentnahme stellt eine eigensichere Variante dar, bei einem Ausfall des Rezirkulationsgebläses kann kein heißes Rauchgas über die Rezirkulationsleitung angesaugt werden. Der Nachteil dieser Variante liegt darin, dass der E-Filter wie im Ist-Zustand weiterhin mit dem gesamten Rauchgasvolumenstrom belastet wird. Daraus resultiert mit Einführung der neuen Emissionsvorschriften ab 01.01.2025 die Erneuerung des elektrostatischen Staubabscheiders.

3.3.1.3 Druckseitige Rauchgasentnahme vor E-Filter

In Abbildung 23 ist die druckseitige Rauchgasentnahme vor dem Kamin zur Rezirkulation dargestellt. Das Rauchgas wird über den Multizyklon gesaugt und über das Rauchgasgebläse druckseitig durch den E-Filter zum Kamin an die Umgebung abgegeben.

Die dargestellte druckseitige Rauchgasentnahme stellt eine eigensichere Variante dar, bei einem Ausfall des Rezirkulationsgebläses kann kein heißes Rauchgas über die Rezirkulationsleitung angesaugt werden. Für diese Variante muss ein neues Rauchgasgebläse vor dem E-Filter montiert werden. Aufgrund der Entnahme des Rezirkulationsgases vor dem E-Filter, wird dieser weniger belastet und muss für die zukünftigen Abgasemissionsgrenzwerte der 44.BIm-SchV voraussichtlich nicht getauscht werden.

Anmerkung: Mit dem Hersteller des elektrostatischen Staubfilters, wurde der Sachverhalt des reduzierten Rauchgasvolumenstroms auf rund 17.000 m³/h und den ab 2025 geltenden Emissionsvorschriften besprochen. Es ist davon auszugehen, dass die geforderten Emissionswerte bei reduziertem Rauchgasvolumenstrom einzuhalten sind.

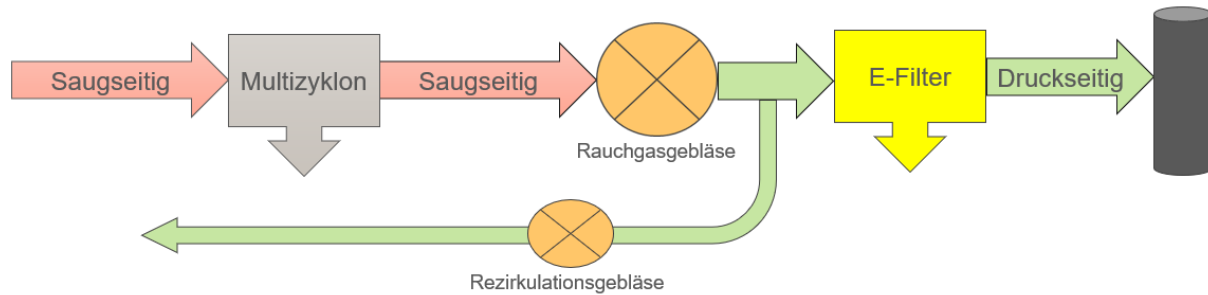


Abbildung 23: Rauchgasrezirkulation mit druckseitiger Rauchgasentnahme vor dem E-Filter

3.4 Die Effizienzsteigerung des ORC-Prozesses

Die Effizienzsteigerung des ORC-Prozesses wurde beim Hersteller der ORC-Anlage, Turboden angefragt. Im zeitlichen Rahmen des Projekts haben wir hierzu keine Lösungsvorschläge erhalten.

Von Seiten des Anlagenbetreibers wurde bereits ein Schmierölseparator im Silikonölkreis verbaut. Dieser reinigt das Silikonöl von Verunreinigungen und dem Eintritt von Maschinenöl der ORC-Turbinenwellenlagerung. Der Eintritt von Maschinenöl in den Silikonölkreislauf beeinflusst die Stromkennzahl und somit die Effizienz negativ.

Die verbaute Version des Schmierölseparators in der ersten Ausbaustufe wird noch elektrisch beheizt, die Leistungsaufnahme beträgt rund 3,7 kW. Mit einer Beheizung über das vorhandene Thermoöl könnte eine Stromeinsparung von rund 2.500 kWh im Monat erzielt werden. Damit könnten die Strombezugskosten um 500 €/Monat gesenkt werden.

Zwischenfazit: Die Erfahrung aus anderen Projekten zeigt, dass die Effizienz mit etwas mehr als 20 % elektrischen Wirkungsgrad als sehr gut einzustufen ist und das ORC-System sich somit in einem Einwandfreien technischen Zustand befindet.

Fördermöglichkeiten:

Grundsätzlich würde hier das „Bundesförderung für Energieeffizienz in der Wirtschaft“ im Modul 4 passen, jedoch sind Anlagen die eine Stromvergütung nach dem EEG (Erneuerbaren Energien Gesetz) erhalten ausgeschlossen. Weiter Fördermöglichkeiten bestehen für dies Maßnahme nicht.

3.5 Die Emissionsvorschriften

3.5.1 Der Biomassekessel

In Abbildung 24 sind die zukünftigen Emissionsvorschriften der 44.BImSchV dargestellt. Diese Grenzwerte gelten für die Bestandsanlage ab dem 01.01.2025. Der Grenzwert der Staubemissionen liegt zukünftig bei 30 mg/m³ bei 6 % Bezugssauerstoff, dieser Grenzwert ist nahezu identisch zu dem aktuellen Grenzwert von 20 mg/m³ bei 11 % Bezugssauerstoff laut der TA-Luft.

Eine Rückfrage zu den Emissionsgrenzwerten beim Landratsamt Aichach-Friedberg bestätigte die untenstehende Darstellung der Grenzwerte.

Bestehende Anlagen

Mg / M ³ (6% O ₂)	1 Bis < 5 MW ²	5 Bis < 20 MW ³	Ab 20 MW ³
Staub [mg/m ³]	50 ¹	30 ¹	30 ¹
CO g/m ³	0,22	0,22	0,22
NO _x [g/m ³]	0,37	0,37	0,37
C _{org} mg/m ³	15	15	15
SO _x	---	---	---

¹nur bei Einsatz von filternden oder elektrostatischen Abscheidern die vor dem 20.06.2019 installiert waren

²Anforderungen gelten ab 1.1.2028, vorher gelten Anforderungen der TA Luft 2002

³Anforderungen gelten ab 1.1.2025, vorher gelten Anforderungen der TA Luft 2002

Abbildung 24: Die zukünftigen Emissionsvorschriften der 44.BImSchV für den Biomassekessel [Quelle: tuvsud.de]

Zwischenfazit: Die Nachrüstung einer Rauchgasrezirkulation wird voraussichtlich zu einer Einhaltung der Emissionsvorschriften ab 2025 mit dem bestehenden Elektrostatischen Staubabscheider führen.

3.5.2 Die Spitzenlastkessel

In den nachfolgenden Tabellen sind die Grenzwerte für den Heizölkessel und den Erdgaskessel dargestellt. Die Grenzwerte des Heizöl- und Erdgaskessels in der Anlage und des Heizölkessels im Wärmenetz werden ebenfalls ab dem 01.01.2025 nach der 44.BImSchV geregelt. Für diese Kessel mit fossilen Brennstoffen gilt zukünftig ein Bezugssauerstoffgehalt von 3 %.

Heizölkessel:

Bestehende Anlagen

Mg/m ³ (3% O ₂)	1 Bis < 10 MW ¹
CO	150
NO _x	200 ²
SO _x	---
Rußzahl	1 ³
Abgasverlust	9 % ⁵

¹ nur nicht genehmigungsbedürftige Anlagen, für genehmigungsbedürftige Anlagen 1-10 MW gelten Emissionsgrenzwerte der Kategorie 10-20 MW
² Anforderung gilt ab 1.1.2025
³ Verdampfungsbrenner: 2, Abgase frei von Ölderivaten
⁴ abhängig von Einstellwert der Sicherheitseinrichtung, keine Umrechnung auf N-Gehalt im Brennstoff!
⁵ nur nicht genehmigungsbedürftige Anlagen

Erdgaskessel:

Bestehende Anlagen

Mg/m ³ (15% O ₂)	Emissionsgrenzwerte
CO ¹	100
NO _x ^{1, 2, 3}	75
SO _x	3 oder DVGW G 260
Formaldehyd ¹	5

¹ nur ab 70 % Last, bei < 70 % Festlegung durch Behörde
² Anforderung gilt nicht für Notbetrieb
³ Spitzenlast bis 300 h/a: 150

Abbildung 25: Die zukünftigen Emissionsvorschriften der 44.BImSchV für die Spitzenlastkessel [Quelle: tuvsud.de]

In der nachfolgenden Abbildung 26 sind die aktuellen Messwerte der CO-Emissionen den zukünftigen strengeren Grenzwerten für CO gegenübergestellt. Der Erdgaskessel erfüllt bereits die Anforderungen der zukünftigen CO-Emissionsgrenzwerte.

	Inbetriebnahmedatum	Nennleistung	CO-Grenzwert	CO-Emissionen	NOx-Grenzwert
		[kWth]	[mg/m ³]	[mg/m ³]	[mg/m ³]
Heizölkessel Mozartstraße	01.2005	2.131	150		200
Heizölkessel Heizhaus	09.2007	3.000	150		200
Erdgaskessel Heizhaus	01.1997	3.700	100	90	150

Abbildung 26: Die Kenndaten der Spitzenlastkessel

Zwischenfazit: Für alle drei Spitzenlastkessel sollte zeitnah eine orientierende Messung der NO_x-Emissionen durchgeführt werden. Die Ergebnisse sind den zukünftigen Emissionsvorschriften gegenüberzustellen.

Fördermöglichkeiten:

Durch die Anpassung der Brennereinstellungen auf die geforderten NO_x-Grenzwerte wird keine Verbesserung der Effizienz eintreten und somit keine Fördermöglichkeit bestehen.

3.6 Die Spitzenlastabdeckung

In Abbildung 27 ist der Energieeinsatz aus dem Spitzenlastkessel und die Abfuhr der überschüssigen Wärme über den Bilanzkühler dargestellt. Um den Spitzenlastbedarf in den Morgenstunden zu begrenzen wäre ein Pufferspeicher eine sinnvolle Alternative. Der hohe Spitzenlastbedarf am 2. und 3. Dezember ist auf die Revision mit anschließendem Probelauf der beiden Spitzenlastkessel im Kraftwerk zurückzuführen. An den weiteren Tagen mit hohem Spitzenlastbedarf, wie zum Beispiel am 04.12.2020 ist dies auf eine umfangreiche Reinigung des Biomassekessels zurückzuführen. Dafür kann der Kessel, je nach Umfang des Verschmutzungsgrades, nur auf einem Teillastbereich betrieben bzw. muss für wenige Stunden ganz abgeschaltet werden.

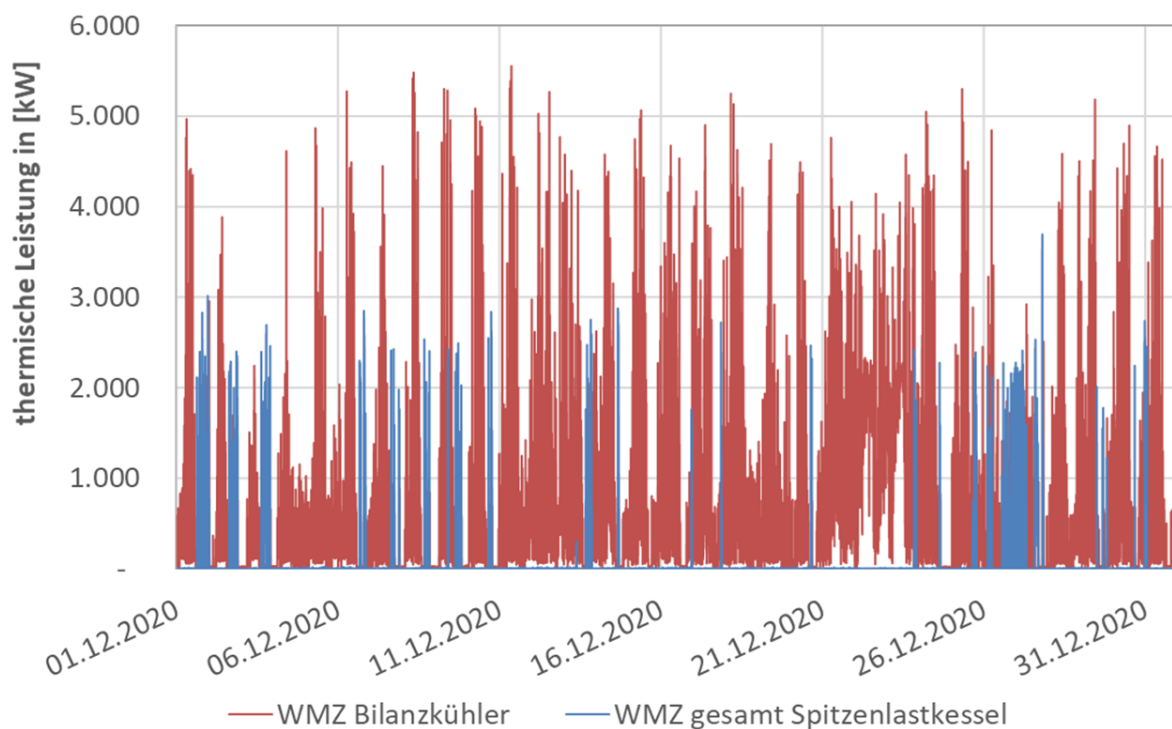


Abbildung 27: Die thermischen Leistungen des Monats Dezember 2020

In Abbildung 28 sind die thermischen Leistungen des Bilanzkühlers und der Spitzenlastkessel dargestellt, zusätzlich ist der Wärmeabsatz über das Wärmenetz als Summe ersichtlich.

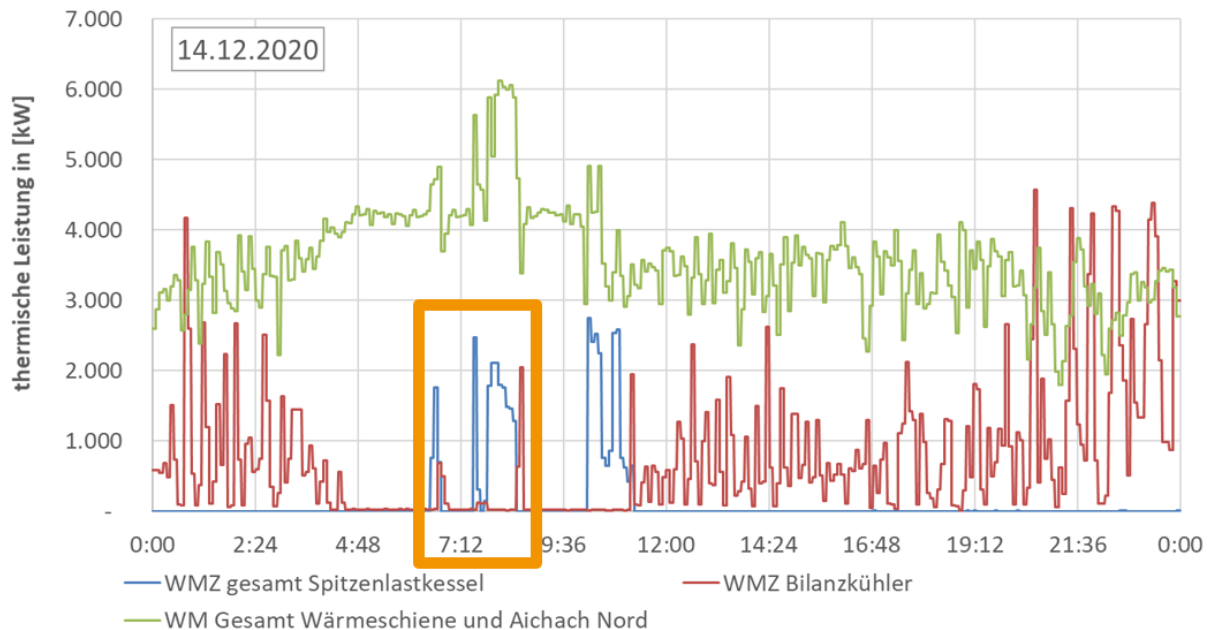


Abbildung 28: Die Betrachtung der thermischen Leistungen am 14.12.2020

In den Morgenstunden ab 8 Uhr konnte ein hoher Wärmebedarf für rund eine Stunde gemessen werden. Dieser notwendige Spitzenlastbedarf wurde mit fossilen Energieträgern bereitgestellt. Dagegen wird bis um 4 Uhr die überschüssige Wärme aus dem Biomassekessel für einen effizienten Betrieb der ORC-Anlage über den Bilanzkühler abgeführt. Der Wärmebedarf ist laut dem Anlagenbetreiber auch auf eine Reinigung des Biomassekessels (1 & 2 Stock) zurückzuführen, diese „einfache“ Zwischenreinigung des Kessels kommt häufig vor.

Zwischenfazit: Der Pufferspeicher könnte die überschüssige Wärme aus dem Biomassekessel einspeichern und wenige Stunden später für die notwendige Spitzenlast zur Verfügung stellen.

Optimierungsansatz:

Die Betrachtung des Wärmebedarf im orangenen Rahmen beträgt rund 1,4 MWh. Üblicherweise wäre dafür ein 60 m³ Speicher mit einer Maximaltemperatur von 90 °C ausreichen, wenn dieser bis auf 70 °C entladen werden würde. Da die Vorgaben des Heizkraftwerks eine gewisse Vorlauftemperatur des Wärmenetzes vorsehen, kann der Speicher nur bis auf Niveau von 74 °C entladen werden. Die maximale Rücklauftemperatur zur ORC-Anlage ist auf 84 °C begrenzt, sollte dieser Wert überschritten werden, schaltet sich automatisch der Bilanzkühler ein und gewährleistet eine passende Rücklauftemperatur zur ORC-Anlage. Für diesen Betriebsbereich benötigt der Speicher eine Größe von rund 120 m³.

Fördermöglichkeiten:

Diese Maßnahme könnte ggf. nach dem im KWKG verankerten Förderprogramm „Wärme- und Kältespeicher“ gefördert werden.

Fördermodalitäten,

- 250 €/m³ Speichervolumen
- Maximal 30% der förderfähigen Kosten

3.7 Die Deckungsbeitragsrechnung als Stundenbetrachtung für den Sommerbetrieb

In den Sommermonaten werden große Anteile der im ORC-Prozess anfallenden Wärme-menge mittels Bilanzkühler vernichtet. Der Betreiber möchte für diesen Fall eine Deckungs-beitragsberechnung durchführen lassen. Hierzu sind in Tabelle 3 zwei Varianten für die Wär-meversorgung dargestellt, der Deckungsbeitrag wurde als Stundenwert kalkuliert. Die Berech-nung stellt eine Kalkulation mit den Daten des Monat Juli 2020 dar. Der Bedienungsaufwand für den Betrieb des Biomassekessel mit ORC-Anlage ist in der Kalkulation nicht berücksichtigt.

Der Sommerbetrieb stellt den Ausgangszustand mit geringerer elektrischer Leistung bei hohen Umgebungstemperaturen dar. Die notwendige Wärme für die Versorgung des Wärmenetzes kann auch bei geringerer Leistung der ORC-Anlage sicher bereitgestellt werden.

Die Variante „Wärmeerzeugung“ entspricht dem Spitzenlastkesselbetrieb und dient der Ge-genüberstellung zum „Sommerbetrieb“ mit Teillastmodus der ORC-Anlage.

Der Strombedarf des Kraftwerks kann mit einer reinen Spitzenlastkesselwärmeversorgung gegenüber dem ORC-Betrieb signifikant reduziert werden.

Tabelle 3: Die Deckungsbeitragsrechnung als Stundenbetrachtung (Nettopreise)

			Wärmeerzeugung
el. Leistung ORC	kW _{el}		
Biomassebedarf	€/h		
Mittlere Wärmeleistung im Juli 2020	kW _{th}		
Fossile Energie	€/h		
CO2-Bepreisung bei (50 €/to)	€/h		
EEG-Einspeisevergütung	€/h		
Stromkosten gesamt	€/h		
Reststoffentsorgung	€/h		
Wartung/Revision	€/h		
Bilanz	€/h		

Deckungsbeitrag

3.8 Der sommerliche Wärmeabsatz

Aufgrund der nahezu ausschließlichen Verwendung der Fernwärme zu Heizzwecken, ist der sommerliche Wärmeabsatz entsprechend gering. Um die geforderte Rücklauftemperatur für die ORC-Anlage im Thermoölkreis zu gewährleisten wird der Rücklauf bei Bedarf aktiv über einen Bilanzkühler gekühlt.

In der Abbildung 29 ist die Abwärme als Monatswert und thermische Maximalleistung dargestellt.

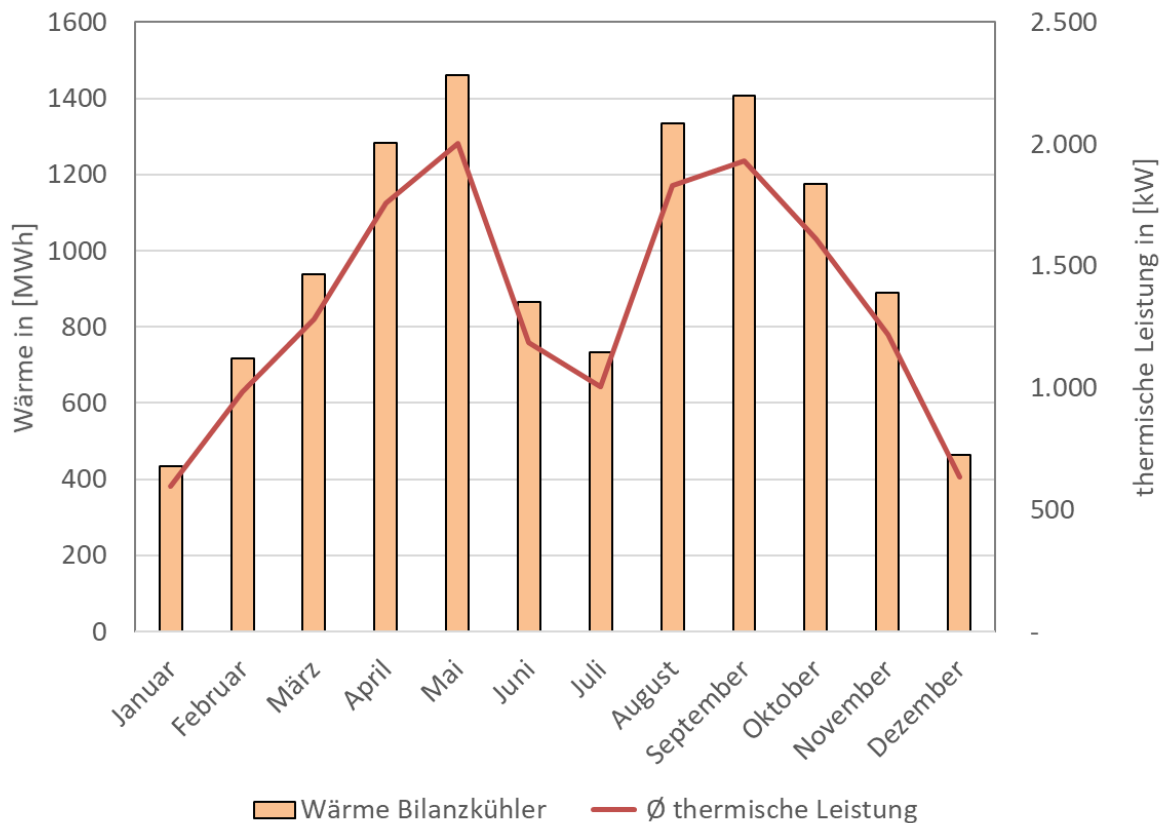


Abbildung 29: Das verfügbare Abwärmepotential

Zwischenfazit: Insbesondere in den Sommermonaten wird ein Großteil der Wärmemenge über den Bilanzkühler vernichtet, aufgrund der Revision und dem Stillstand des Kraftwerks für rund 4 Wochen ist die verfügbare thermische Leistung im Juni und Juli 2020 geringer als in den übrigen Sommermonaten.

Im Folgenden werden Optimierungsansätze zur Steigerung des sommerlichen Wärmeabsatzes betrachtet.

3.8.2 Wärmeeinsatz zur Biomassetrocknung für einen Industriekunden

Ein Industriekunde im räumlichen Umkreis der BWA plant eine Holzstaubfeuerung, um die CO₂-Emissionen für seine Produkte zu reduzieren. Dafür wären auf rund 10% Restfeuchte getrocknete Hackschnitzel (W10) notwendig, welche an der BWA in den Sommermonaten bei Wärmeüberschuss auf Vorrat getrocknet werden könnten.

In der Abbildung 30 sind die grundlegenden Daten für die Hackguttrocknung dargestellt. Der Industriekunde benötigt für eine Holzstaubfeuerung rund 6.500 MWh thermische Energie um seine Produkte aufheizen zu können. Das notwendige Holzmehl wird aus Hackgut mit einem maximalen Wassergehalt von W10 hergestellt. Die Holzmenge entspricht, ausgehend von Fichtenhackgut mit einem Wassergehalt W10, einem Volumen von rund 8.500 Schüttraummetern.

Die blaue Linie in der Abbildung zeigt den Energiebedarf zur Trocknung des Hackguts bis auf den geforderten Wassergehalt von W10. Bei einem Wassergehalt von 30 % müssen rund 400 MWh thermische Energie eingesetzt werden, um die gesamte Hackgutmenge auf den Wassergehalt von W10 zu trocknen. Für die Kalkulation wurde mit einer jährlichen Betriebsdauer der Trocknungsanlage von 5.000 Betriebsstunden kalkuliert, da in den Wintermonaten teilweise keine überschüssige Wärme vorhanden ist und in den Sommermonaten eine große Revision mit einer Dauer von rund 4 Wochen notwendig ist. Die rote Linie stellt die notwendige thermische Leistung für die Hackguttrocknung dar. Der maximale Wärmebedarf liegt bei W50 bei rund 200 kW thermischer Leistung, das bedeutet, die vorhandene Abwärmeleistung ist in jedem Fall ausreichend, siehe Abbildung 29.

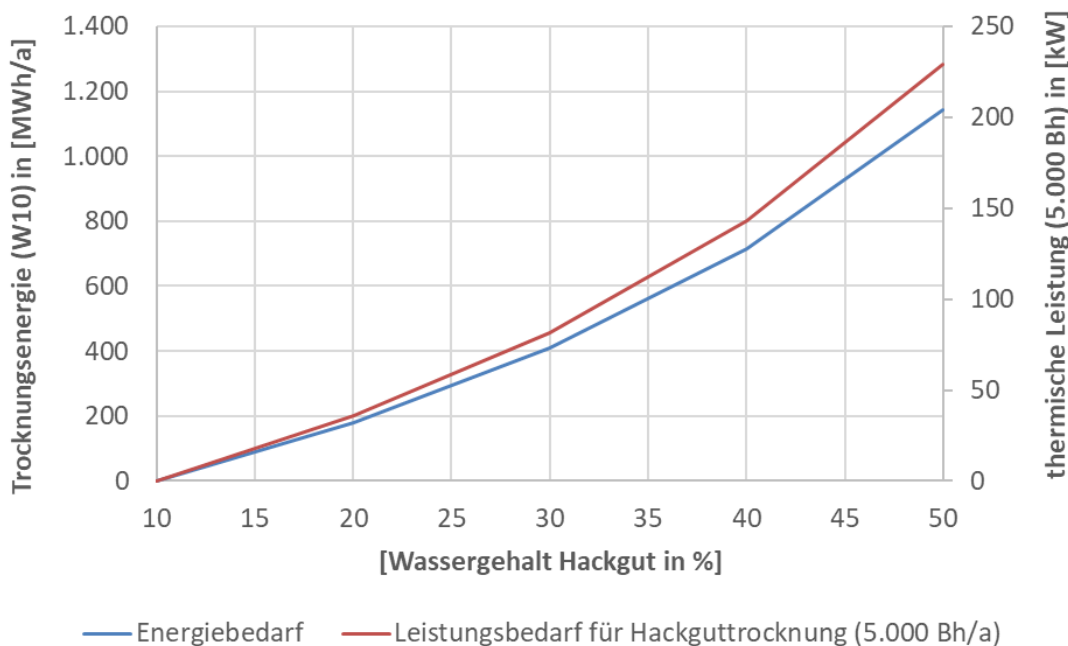


Abbildung 30: Die Hackguttrocknung für einen Industriekunden

Wirtschaftlichkeit der Maßnahme:

Um die Wirtschaftlichkeit der Maßnahme bewerten zu können sind die Kosten sowohl für die Biomasse als auch für die Trocknung und Handling notwendig. Die Ergebnisse können erst nach erfolgreichen Verhandlungen der Vertragspartner kalkuliert werden.

Zwischenfazit: Insbesondere in den Sommermonaten wird ein Großteil der Wärmemenge über den Bilanzkühler vernichtet, aufgrund der Revision und dem Stillstand des Kraftwerks für rund 4 Wochen ist die verfügbare thermische Leistung im Juni und Juli 2020 geringer als in den übrigen Sommermonaten.

Durch die Abwärmenutzung zur Trocknung der Hackschnitzel kann gegenüber einer Trocknung mit fossilen Energieträgern (Heizöl) eine CO₂-Einsparung von jährlich 106 t erzielt werden.

Fördermöglichkeiten:

Grundsätzlich würde hier das „Bundesförderung für Energieeffizienz in der Wirtschaft“ im Modul 4 passen. Durch Abwärme wird als Prozesswärme für einen Trocknungsprozess bereitgestellt. Die CO₂-Einsparung gegenüber der Trocknung mit fossilen Energieträgern ist maßgeblich für die Fördersumme. Diese sind für;

- *große Unternehmen:* 500 €/toCO₂*a bzw. maximal 30% der förderfähigen Kosten
- *KMU:* 700 €/toCO₂*a bzw. maximal 40% der förderfähigen Kosten

Beispiel: KMU

Ansatz: Hackguttrocknung mit Abwärme statt Heizöl

Einsparung: 106 t/CO₂*a

Förderhöhe: 74.200 € bzw. maximal 40% der förderfähigen Kosten

4 Zusammenfassung

Im Rahmen des vorliegenden „Digitalen Energiekonzept für die Biomasse Aichach GmbH“ wurde das Heizkraftwerk einer umfassenden energetischen Bestandsaufnahme unterzogen, in welcher die thermische und elektrische Energieerzeugung und Verbrauch sowie der CO₂-Ausstoß betrachtet wurden.

Auf Basis der umfangreichen **Datenaufzeichnungen** aus der Installation zahlreicher Stromzähler sowie dem Erfassen von Wärmemengenzählerdaten konnte sowohl die Stromverteilung als auch die Wärmeverteilung exakt und zeitgetreu zugeordnet werden. Die installierten Zähler sowie die Auswertung und Darstellung der Datenreihen wurden den einzelnen Verbrauchern zugeordnet und in angepassten Diagrammen dargestellt und bewertet. Der Wärmebedarf für beide Wärmenetze konnte ebenfalls als thermischer Verbrauchslastgang sichtbar gemacht werden. Zusätzlich konnte die Wärmeabfuhr über den Bilanzkühler und die Spitzenlasterzeugung bilanziert werden, welche die Grundlage für weitere Optimierungspotentiale bildet. Des Weiteren wurde die Effizienz der einzelnen Aggregate überprüft und nach Rücksprache mit dem Hersteller umfangreiche Optimierungspotentiale mit Handlungsempfehlungen dargestellt. Die hochauflösende digitale Messdatenerfassung des Biomasseheizkraftwerkes ermöglichte eine fundierte Schwachstellenanalyse sowie die Entwicklung von Maßnahmen zur Effizienzsteigerung. Die einzelnen Maßnahmen sind in Tabelle 4 aufgelistet und bewertet.

Der **Biomassekessel** war ein Hauptbestandteil des Konzepts und wurde hinsichtlich seiner Effizienz bewertet sowie Optimierungspotentiale mit dem Anlagenbetreiber, Anlagenhersteller, Zulieferer und dem Anlagenplaner besprochen und grafisch dargestellt. Die Einsparungen wurden ermittelt sowie die aktuellen und zukünftigen Emissionsgrenzwerte dargestellt und Lösungskonzepte mit Handlungsempfehlungen für einen effizienten Weiterbetrieb der Anlage eruiert. Der Biomassekessel bildet den Hauptbestandteil des Biomasse Wärmeverbund in Aichach und ist zusammen mit der ORC-Anlage und dem Wärmenetz Hauptbestandteil des Heizkraftwerks. Um die Anlage bei Teillastbetrieb in den Sommermonaten bewerten zu können, wurde eine Deckungsbeitragsrechnung aufgestellt. Diese Kalkulation stellt die Kosten der Biomasseanlage mit EEG-Stromeinspeisung dem Heizölspitzenlastkessel im Sommer bei geringer Wärmeabnahme gegenüber. Der deutlichen Reduktion im Strombezug stehen der Spitzenlastversorgung CO₂-Abgaben nach dem BEHG gegenüber. Zusätzlich zur ökonomischen Betrachtung wurde eine ökologische Bewertung hinsichtlich des fossilen CO₂-Austoßes durchgeführt.

Handlungsempfehlung:

1. Realisierung einer Rauchgasrezirkulation mit Entnahme vor dem elektrostatischen Staubabscheider
2. Darauf aufbauend, Optimierung der Einstellung zur Einhaltung der ab 2025 geltenden Staubemissionswerte mit dem bestehenden Staubabscheider

Die folgenden Punkte sind des Weiteren anzugehen:

- Erweiterung des Bilanzkühlers zur Erhöhung der Stromausbeute
- Installation eines Pufferspeichers zu Reduktion des fossilen Energieeinsatz
- Zur Vermeidung von Wärmebedarfsspitzen in den Morgenstunden die Nachtabenkung großer Liegenschaften entschärfen / deaktivieren
- Spitzenlastkessel auf die zukünftigen Emissionsanforderungen anpassen (NO_x-Messung von Kaminkehrer durchführen lassen)
- Sommerlichen Wärmeabsatz erhöhen

5 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Das Luftbild der BWA in Aichach	6
Abbildung 2: Der elektrische Lastgang des Jahres 2020	9
Abbildung 3: Die Stromeinspeisung der ORC-Anlage.....	10
Abbildung 4: Die ORC-Anlage mit Bilanzkühler	11
Abbildung 5: Der gesamte Strombezug des Monats November für das Heizkraftwerks in Aichach	13
Abbildung 6: Der gesamte Strombezug des Monats November für das Heizkraftwerk in Aichach	13
Abbildung 7: Der Strombedarf von NSHV 3 und 4 sowie der Klimaanlage der Schaltwarte ..	14
Abbildung 8: Der Strombedarf des E-Filters und des Bilanzkühlers	15
Abbildung 9: Der Strombedarf für die Flugascheschnecke und der Zellenradschleuse des Multizyklon	16
Abbildung 10: Die Hydraulikaggregate am Biomassekessel	17
Abbildung 11: Die Hydraulikaggregate am Biomassekessel ohne Stocker	18
Abbildung 12: Die Stromverbraucher des Monats November 2020 mit einem Strombedarf größer 1 %	18
Abbildung 13: Die thermischen Leistungen im Kraftwerk	19
Abbildung 14: Die Wärmeabnahme der beiden Wärmenetze	20
Abbildung 15: Die Wärmeproduktion und der Wärmeeinsatz des Jahres 2020.....	21
Abbildung 16: Die Stromproduktion der Biomasse Aichach GmbH für den Zeitraum August 2020 bis 31.12.2020.....	22
Abbildung 17: Die schematische Darstellung des Biomassekessels der BWA GmbH [Quelle: www.agro-ft.at]	24
Abbildung 18: Das Luftverhältnis im Biomassekessel, Lambda	25
Abbildung 19: Der Sauerstoffgehalt im Biomassekessel.....	27
Abbildung 20: Das Luftverhältnis im Biomassekessel, Rauchgasvolumen.....	28
Abbildung 21: Rauchgasrezirkulation mit saugseitiger Rauchgasentnahme	30
Abbildung 22: Rauchgasrezirkulation mit druckseitiger Rauchgasentnahme vor dem Kamin	31

Abbildung 23: Rauchgasrezirkulation mit druckseitiger Rauchgasentnahme vor dem E-Filter	32
Abbildung 24: Die zukünftigen Emissionsvorschriften der 44.BImSchV für den Biomassekessel [Quelle: tuvsud.de]	33
Abbildung 25: Die zukünftigen Emissionsvorschriften der 44.BImSchV für die Spitzenlastkessel [Quelle: tuvsud.de]	34
Abbildung 26: Die Kenndaten der Spitzenlastkessel.....	34
Abbildung 27: Die thermischen Leistungen des Monats Dezember 2020	36
Abbildung 28: Die Betrachtung der thermischen Leistungen am 14.12.2020	37
Abbildung 29: Das verfügbare Abwärmepotential	41
Abbildung 30: Die Hackguttrocknung für einen Industriekunden.....	43

6 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Der monatliche Stromverbrauch des Jahres 2020.....	8
Tabelle 2: Die Daten zur ORC-Anlage des Monats 2020.....	11
Tabelle 3: Die Deckungsbeitragsrechnung als Stundenbetrachtung (Nettopreise).....	40
Tabelle 4: Die Übersicht zu den einzelnen Maßnahmen.....	46